

Trabajo Fin de Máster

**Análisis hidrogeomorfológico de la cuenca del río
Vero: propuesta de una Reserva Natural Fluvial**

Hydrogeomorphological analysis of the Vero river basin:
proposal for a Fluvial Natural Reserve

Autor:

Diego López García

Director:

Daniel Ballarín Ferrer

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Máster Universitario en Ordenación Territorial y Medioambiental

2020

Resumen

El presente trabajo está enfocado en realizar un análisis hidrogeomorfológico de la cuenca del río Vero, atendiendo los factores condicionantes de su comportamiento y a los parámetros de la propia red de drenaje. Además, se han aplicado dos índices, el Índice de Calidad Hidrogeomorfológica (IHG) y *The Morphological Quality Index* (MQI) con el objetivo de proponer una Reserva Natural Fluvial en el tramo más apto del río Vero. La importancia de este estudio recae en la necesidad de preservar los ecosistemas naturales ante el peligro de la intervención humana en un escenario complejo, en el que la ordenación del territorio debe ser la herramienta principal para lograr los objetivos medioambientales del presente y futuro.

Palabras clave

Río Vero, reserva natural fluvial, ordenación del territorio, medio ambiente, planificación hidrológica.

Abstract

This project focuses on a hydrogeomorphological analysis of the Vero River basin, taking into account the conditioning factors of its behavior and the parameters of the drainage network itself. In addition, two indexes have been applied, the Hydrogeomorphological Quality Index (IHG) and The Morphological Quality Index (MQI) with the aim of proposing a Natural River Reserve in the most suitable section of the River Vero. The importance of this study lies in the need to preserve natural ecosystems in the face of the danger of human intervention in a complex scenario, in which spatial planning must be the main tool for achieving present and future environmental objectives.

Key words

River Vero, river nature reserve, spatial planning, environment, hydrological planning.

Índice de contenidos

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 7 |
| 2. Localización de la zona de estudio | 8 |
| 3. Objetivos | 9 |
| 4. Metodología | 10 |
| 5. Factores condicionantes del comportamiento hidrogeomorfológico | 11 |
| 5.1. Pendientes | 11 |
| 5.2. Litología | 14 |
| 5.3. Usos del suelo | 16 |
| 5.4. Clima | 19 |
| 6. Análisis de la red de drenaje | 23 |
| 6.1. Descripción y caracterización | 23 |
| 6.2. Morfometría fluvial | 23 |
| 6.2.1. Red de drenaje jerarquizada | 24 |
| 6.2.2. Parámetros morfométricos la subcuenca | 26 |
| 7. Caracterización hidrológica | 28 |
| 7.1. Abundancia o caudalosidad | 28 |
| 7.2. Irregularidad interanual | 29 |
| 7.3. Variación estacional de caudal | 30 |
| 7.4. Fenómenos extremos | 32 |
| 7.4.1. Crecidas | 32 |
| 7.4.2. Estiajes | 37 |
| 8. Aplicación de Índices Hidrogeomorfológicos | 39 |
| 8.1. Índice de Calidad Hidrogeomorfológica (IHG) | 39 |
| 8.1.1. Tramo 1: Nacimiento – Santa María de la Nuez | 41 |
| 8.1.2. Tramo 2: Santa María de la Nuez – Almazorre | 43 |
| 8.1.3. Tramo 3: Almazorre – Lecina (camping) | 45 |
| 8.1.4. Tramo 4: Lecina (camping) – Alquézar | 46 |
| 8.1.5. Tramo 5: Alquézar – Desembocadura | 49 |
| 8.2. The Morphological Quality Index (MQI) | 53 |
| 9. Valoración social | 57 |
| 10. Propuesta de implantación de una Reserva Natural Fluvial | 59 |
| 10.1 Marco jurídico | 59 |
| 10.2. Procedimiento para la declaración de una Reserva Natural Fluvial | 60 |
| 10.3. Propuesta Reserva Natural Fluvial “Río Vero” | 62 |

| | |
|------------------------|----|
| 11. Conclusiones | 66 |
| 12. Bibliografía | 68 |
| Anexo: fichas IHG..... | 71 |

Índice de figuras y tablas

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio. Elaboración propia. | 8 |
| Figura 2. Diagrama de trabajo. Elaboración propia. | 10 |
| Figura 3. Mapa de pendientes. Elaboración propia. | 12 |
| Figura 4. Barranco de la Palomera. Fuente: Diego López. | 13 |
| Figura 5. Mapa litológico. Elaboración propia..... | 15 |
| Figura 6. Mapa de los usos del suelo. Elaboración propia..... | 17 |
| Figura 7. Climograma de Alquézar. Elaboración propia. Fuente: climate-data.org..... | 19 |
| Figura 8. Evapotranspiración Potencial en Alquézar. Elaboración propia. | 21 |
| Figura 9. Balance hídrico en Alquézar. Elaboración propia. | 21 |
| Figura 10. Tipos de clasificaciones morfológicas de las redes de drenaje según Gregory y Walling (1973). Fuente: geoaprendo.com..... | 23 |
| Figura 11. Ejemplo de división de las corrientes de drenaje según Strahler. Fuente: ghidrología.blogspot.com..... | 24 |
| Figura 12. Rectángulo equivalente de las altitudes de la cuenca. Elaboración propia. .. | 27 |
| Figura 13. Irregularidad interanual del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO. .. | 30 |
| Figura 14. Variación estacional de caudal del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO..... | 31 |
| Figura 15. Hidrograma de la crecida del 1982. Elaboración propia. | 35 |
| Figura 16. Hidrograma de la crecida del 1994. Elaboración propia. | 36 |
| Figura 17. Hidrograma de la crecida del 1997. Elaboración propia. | 36 |
| Figura 18. Gráfica de estiaje del 1992. Elaboración propia. | 37 |
| Figura 19. Gráfica de estiaje del 2000. Elaboración propia. | 38 |
| Figura 20. Gráfica de estiaje del 2002. Elaboración propia. | 38 |
| Figura 21. Río Vero a su paso por el primer tramo. Fuente: Diego López..... | 42 |
| Figura 22. Cultivos junto a la vegetación de ribera. Fuente: Diego López..... | 43 |
| Figura 23. Cauce de gravas del río Vero a su paso por el Molino de Almazorre. Fuente: Diego López. | 44 |
| Figura 24. Formas geomorfológicas en el lecho. Fuente: Diego López. | 44 |

| | |
|--|----|
| Figura 25. Cauce de gravas con vegetación y puente junto al camping. Fuente: Diego López..... | 45 |
| Figura 26. Cueva Picamartillo. Fuente: Diego López..... | 47 |
| Figura 27. Río Vero a su paso por Alquézar. Fuente: Diego López..... | 47 |
| Figura 28. Puente de Fuendebaños. Fuente: Diego López. | 48 |
| Figura 29. Azud del Vero a su paso por Alquézar. Fuente: Diego López. | 48 |
| Figura 30. Formación de Caña común (<i>Arundo donax</i>) junto al cauce. Fuente: Diego López..... | 49 |
| Figura 31. Aporte del canal del Cinca en el tramo canalizado de Barbastro. Fuente: Diego López. | 50 |
| Figura 32. Tramo del Vero canalizado en Barbastro. Fuente: Diego López..... | 51 |
| Figura 33. Mapa de la valoración obtenida según el IHG. Elaboración propia. | 52 |

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Número de píxeles y porcentaje de ocupación de las pendientes. Elaboración propia..... | 13 |
| Tabla 2. Distribución de los usos del suelo. Elaboración propia..... | 18 |
| Tabla 3. Datos climáticos de Alquézar. Elaboración propia. Fuente: climate-data.org.. | 20 |
| Tabla 4. Parámetros morfométricos de la subcuenca. Elaboración propia. | 26 |
| Tabla 5. Intervalos de altitud de la cuenca. Elaboración propia..... | 27 |
| Tabla 6. Datos de la estación de aforo. Elaboración propia. Fuente: ceh.cedex.es | 28 |
| Tabla 7. Clasificación hidrológica según la irregularidad interanual. Elaboración propia. Fuente: Sánchez Fabre, 2018..... | 29 |
| Tabla 8. Coeficiente de caudal de cada mes. Elaboración propia. | 32 |
| Tabla 9. Módulo para establecer las crecidas. Elaboración propia..... | 33 |
| Tabla 10. Caudal máximo instantáneo mensual del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO..... | 34 |
| Tabla 11. Aspectos básicos del protocolo de cada tramo. Elaboración propia. | 41 |
| Tabla 12. Clasificación inicial para aplicar el MQI. Elaboración propia..... | 53 |
| Tabla 13. Intervalos de calidad para la clasificación del MQI. Elaboración propia..... | 54 |
| Tabla 14. Resultados de la aplicación del MQI en los diferentes tramos. Elaboración propia..... | 55 |
| Tabla 15. Clasificación de los tramos según el MQI. Elaboración propia..... | 56 |
| Tabla 16. RNF en el ámbito intercomunitario. Elaboración propia. Fuente: MITECO. | 62 |

| | |
|--|----|
| Tabla 17. RNF en el ámbito intracomunitario. Elaboración propia. Fuente: MITECO. | 62 |
| Tabla 18. Ficha de la propuesta de RNF en el río Vero. Elaboración propia..... | 63 |
| Tabla 19. Mapa de la propuesta de RNF en el Río Vero. Elaboración propia. | 64 |

1. Introducción

La ordenación y planificación territorial es una de las herramientas más eficaces (y a su vez más complicadas) a la hora de plantear actuaciones para mejorar la vertebración del territorio. En este sentido, la planificación hidrológica se enmarca dentro de la ordenación territorial como un complejo instrumento de gestión de los recursos hídricos, cada vez más atacados y alterados por las actuaciones humanas. Las Reservas Naturales Fluviales (en adelante, RNF) surgen en el Plan Hidrológico Nacional (artículo 25 de la Ley 10/2001, 5 de julio) al incluirse en el marco jurídico español el establecimiento de reservas hidrológicas por motivos ambientales. Las RNF se definen por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2016) de la siguiente manera: *“son aquellos cauces, o tramos de cauces, de corrientes naturales, continuas o discontinuas, en los que, teniendo características de representatividad, las presiones e impactos producidos como consecuencia de la actividad humana no han alterado el estado natural que motivó su declaración”*.

El presente trabajo pretende realizar un estudio hidrogeomorfológico de la cuenca del Vero con la doble vertiente de, por un lado, conocer íntegramente todos los aspectos relacionados con la cuenca y con su dinámica hidrogeomorfológica y, por otro lado, proponer y delimitar una zona del río, cuyas características así lo requieran, para ser declarada RNF.

El Vero es un río que destaca por su riqueza paisajística de un entorno privilegiado, cuyo máximo exponente es el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara en su tramo más alto. Este privilegiado enclave ha sido tenido en cuenta para multitud de actuaciones encaminadas a su explotación turística, tanto por empresas privadas como por administraciones públicas, haciendo del Vero un atractivo motor económico y social de la zona. Esta situación, unida a la incertidumbre provocada por las alteraciones derivadas del cambio climático, hace necesario plantear actuaciones para que el Vero y su entorno siga siendo un territorio único y excepcional, y que esto conlleve en que siga siendo objeto de una explotación controlada y sostenible que beneficie a su entorno sin hacer peligrar su calidad natural intrínseca.

2. Localización de la zona de estudio

La cuenca del río Vero se encuentra dentro de la cuenca del Ebro, en la provincia de Huesca (Aragón), rodeada por la cuenca del Cinca y del Alcanadre. Tiene una extensión de 365 km² y su principal curso fluvial, el del Vero, con una longitud de algo más de 60 km, está dividido entre las comarcas del Sobrarbe en su cabecera y la del Somontano de Barbastro en su parte final. Hay que destacar que en la subcuenca no se aprecian afluentes con importancia, más allá de pequeños barrancos situados a ambas orillas de la masa principal. Por otro lado, cabe mencionar que los municipios con mayor relevancia en la cuenca son Alquézar, municipio de 303 habitantes (según el INE, 2019) conocido por su atractivo turístico y su oferta en deportes de aventura, y Barbastro, municipio de 19.679 habitantes (INE, 2019), capital de la comarca del Somontano de Barbastro y principal motor demográfico y económico de la zona. En la siguiente cartografía se muestra la localización de la zona de estudio:



Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio. Elaboración propia.

3. Objetivos

Este estudio tiene como objetivo fundamental **proponer una Reserva Natural Fluvial en la cuenca del río Vero**. A su vez, lleva asociados una serie de objetivos secundarios:

- Analizar las características hidrogeomorfológicas de la cuenca.
- Conocer las características de la red de drenaje.
- Caracterizar hidrológicamente la zona de estudio.
- Estudiar el comportamiento del río Vero en sus diferentes tramos.
- Aplicar una serie de índices de índole hidrogeomorfológica.

En definitiva, este trabajo trata de aplicar todos los conocimientos y competencias adquiridos durante la realización del máster, siendo conscientes de la importancia de realizar estudios relacionados con la ordenación del territorio de una manera adecuada y consecuente al contexto actual.

4. Metodología

La metodología de este trabajo se fundamenta en un análisis científico de las principales cuestiones que rodean a la dinámica hidrogeomorfológica de la cuenca del río Vero. Para algunas cuestiones se ha realizado la descripción de la situación actual y, para otras, se ha generado información propia, todo ello complementado con diferentes cartografías. La mayoría del trabajo se ha realizado en gabinete, pero también se realizó una salida de campo fundamental para aclarar diferentes cuestiones. El diagrama de trabajo ha sido el siguiente:

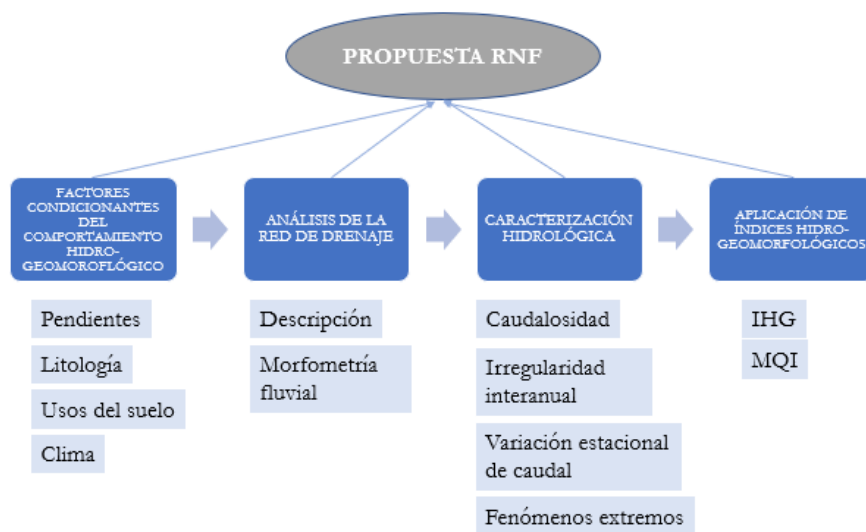


Figura 2. Diagrama de trabajo. Elaboración propia.

Por otro lado, se han utilizado diversos softwares para la realización del estudio, entre los que destacan Microsoft Word y Excel (para el desarrollo) y ArcGis 10.5 y Google Earth (para el tratamiento de la información geográfica).

5. Factores condicionantes del comportamiento

hidrogeomorfológico

Conocer los principales factores hidrogeomorfológicos que tienen lugar en una cuenca es fundamental, tanto para poder estimar su comportamiento ante diferentes eventos como para ayudar a proponer actuaciones referidas a la ordenación territorial. Por ello, en este apartado se realizará un estudio de una serie de factores que se han considerado de mayor relevancia: pendiente, litología, vegetación y usos del suelo y clima.

5.1.Pendientes

Las pendientes son un factor fundamental en lo referido al estudio de la dinámica hidrológica y pueden ser un indicador muy fiable algunos procesos como son la escorrentía y la infiltración. Para su análisis, se ha realizado una cartografía a partir del Modelo Digital del Terreno que muestra los grados de elevación para cada pixel (5x5 metros) de la zona de estudio.

MAPA DE PENDIENTES DE LA SUBCUENCA DEL VERO

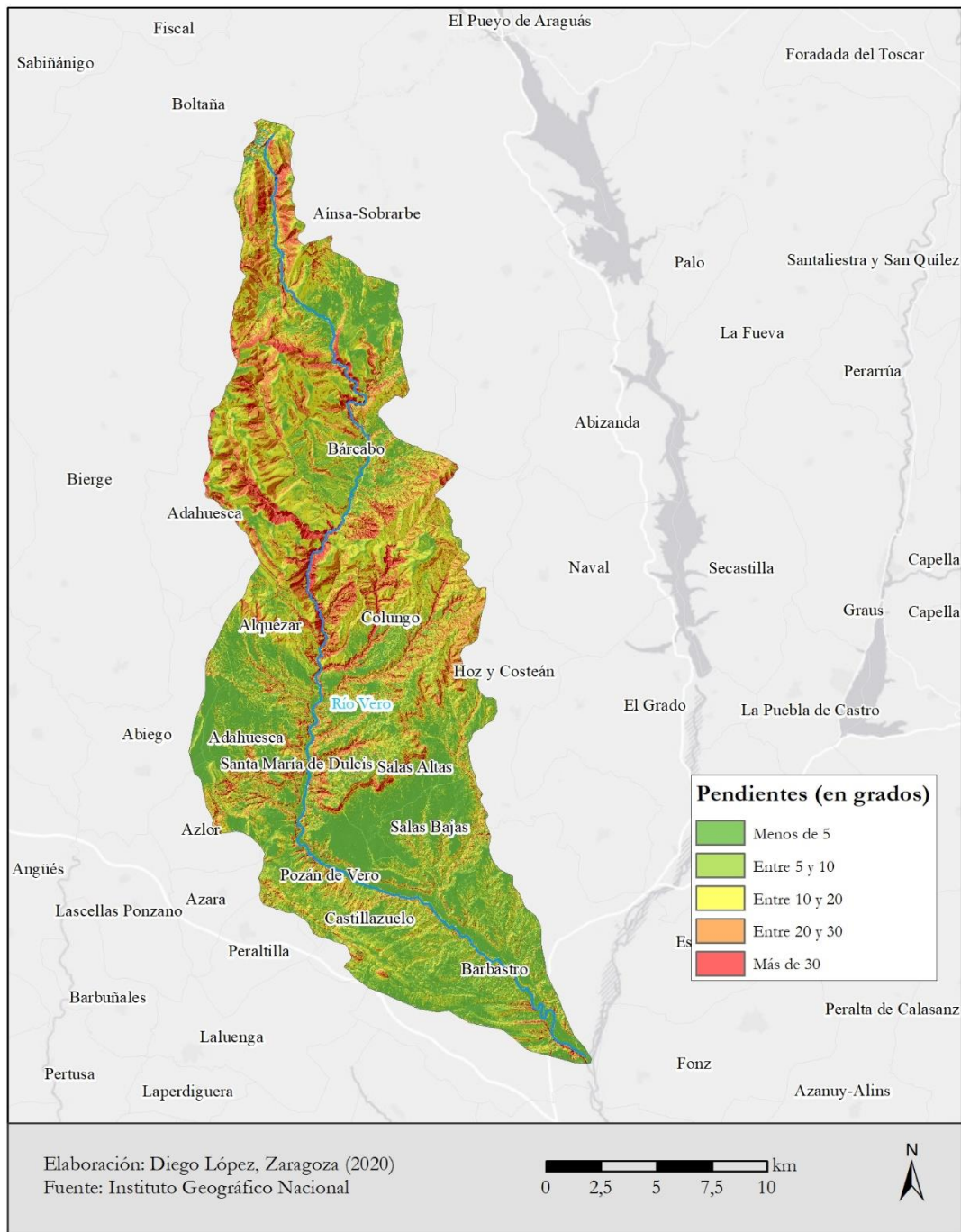


Figura 3. Mapa de pendientes. Elaboración propia.

Como podemos observar, el río Vero se introduce en el Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara a la altura del Coscollar y sale por Alquézar. En este tramo, el Vero describe una serie de cañones calcáreos, propiciado así la aparición de fenómenos

kársticos. Así pues, es en estos primeros kilómetros donde la pendiente es mayor, como se muestra en el mapa, predominando los colores naranjas y rojos en los tramos abarrancados.



Figura 4. Barranco de la Palomera. Fuente: Diego López.

Una vez pasado Alquézar, el río empieza a circular por valles más amplios, rodeados de cultivos y otros elementos de origen antrópico, que denotan la clara tendencia de disminución de las pendientes. En la siguiente figura se muestra el porcentaje de cuenca que ocupa cada intervalo de pendiente:

| | Número de píxeles | Porcentaje |
|-----------------------|-------------------|------------|
| Muy baja (Menos de 5) | 3921691 | 26,84 |
| Baja (Entre 5 y 10) | 3086987 | 21,13 |
| Media (Entre 10 y 20) | 4090101 | 27,99 |
| Alta (Entre 20 y 30) | 2544133 | 17,41 |
| Muy alta (Más de 30) | 968556 | 6,63 |

Tabla 1. Número de píxeles y porcentaje de ocupación de las pendientes. Elaboración propia.

Con esta información, podríamos deducir lo que podemos esperar en cuanto al funcionamiento de los procesos hidrológicos, ya que la gran cantidad de pendientes con un alto desnivel van a favorecer procesos de escorrentía y no de infiltración, la cual, en este caso, solo se ve favorecida en las zonas de baja pendiente del curso bajo. Por otro lado, la profundidad de los barrancos dificulta que la luz del sol llegue a las zonas más hundidas de los cauces, complicando así los procesos de evaporación en estos cursos fluviales.

5.2.Litología

La litología de una cuenca es un aspecto a tener en cuenta a la hora de analizar el comportamiento hidrológico de la misma. Para este caso, la información ha sido extraída de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro. La cuenca del Vero se encuentra enmarcada dentro de “Dominio del Sinclinal Jaca-Pamplona” y el resultado cartográfico en el siguiente:

MAPA LITOLÓGICO DE LA SUBCUENCA DEL VERO

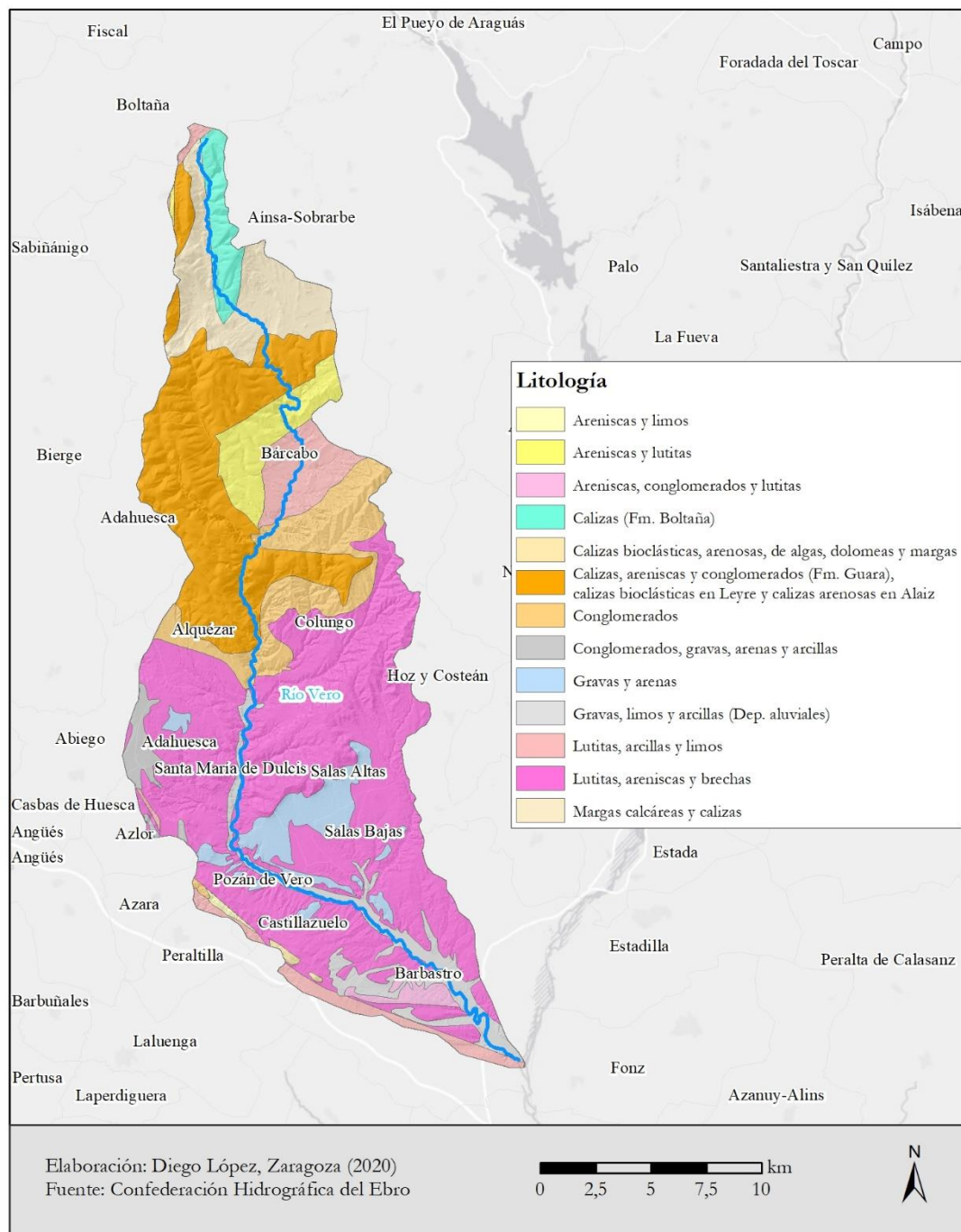


Figura 5. Mapa litológico. Elaboración propia.

Se observa un predominio de materiales terciarios, sobre todo de calizas y areniscas, además de materiales más recientes como los son los afloramientos conglomeráticos en el lecho del río. La presencia de estos materiales calcáreos, fundamentalmente en la

primera mitad de la cuenca, hasta Alquézar, favorece la aparición de relieves y formas kársticas como cavernas, simas o lapiaces... conformando un paisaje muy rico que se corresponde con la Sierra de Guara. En la parte inferior de la cuenca destacan los depósitos sedimentarios de lutitas y gravas, materiales generalmente duros y poco erosionables. En definitiva, esta litología, sobre todo en la parte superior de la cuenca, favorece la erosión fluvial de los materiales, así como la escorrentía superficial a través de barrancos y cañones cuya presencia es muy relevante en la zona.

5.3.Usos del suelo

La ocupación del suelo es otro factor fundamental a tener en cuenta en lo referido a lo que cabría esperar de los procesos hidrogeomorfológicos en la cuenca. Para su estudio, se ha tenido como referencia el Corine Land Cover (2018), un proyecto del Instituto Geográfico Nacional enfocado a la obtención de una base de datos de ocupación del suelo a escala 1:100.000. El resultado en nuestra zona de estudio es el siguiente:

MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA SUBCUENCA DEL VERO

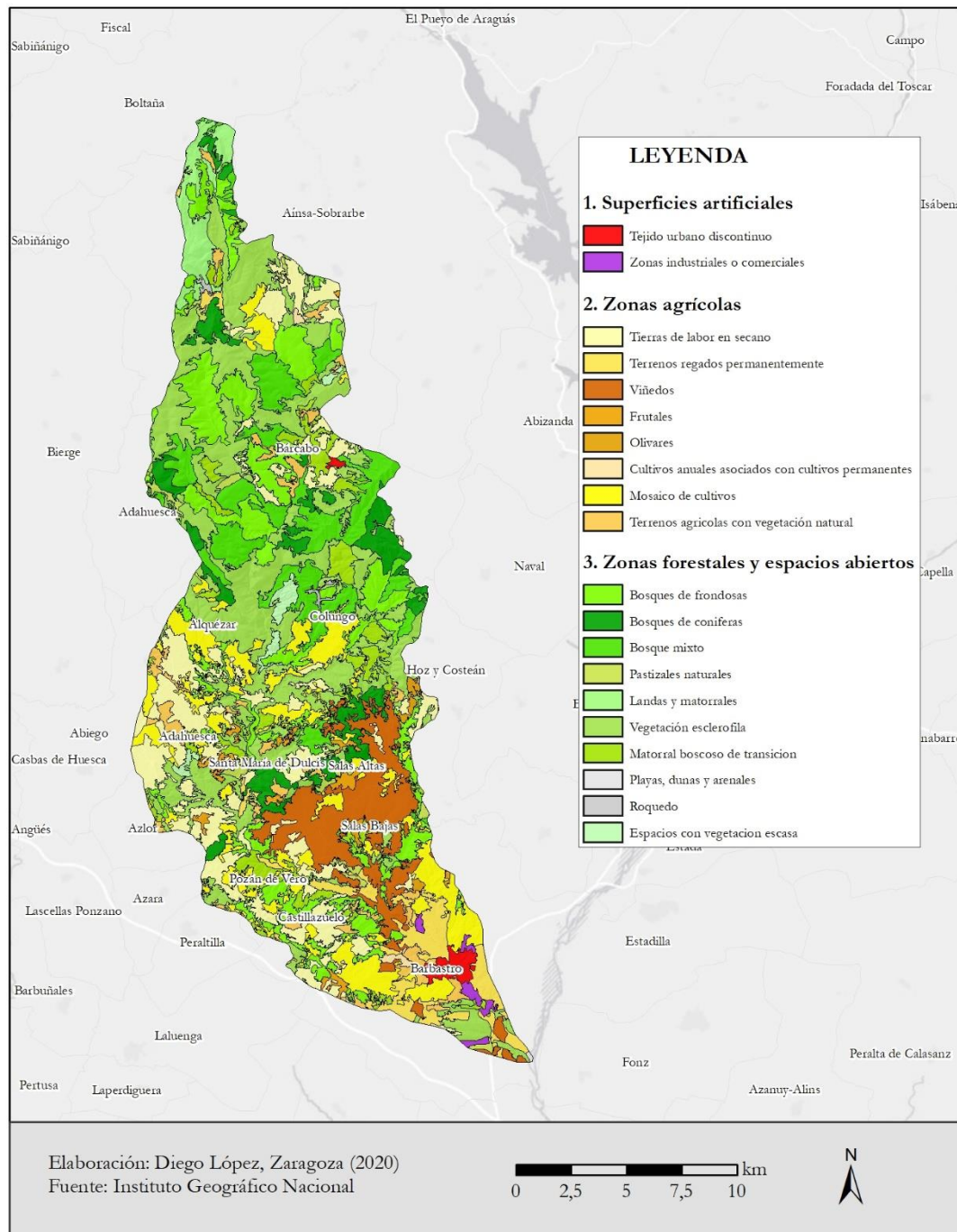


Figura 6. Mapa de los usos del suelo. Elaboración propia.

Además, se ha realizado una tabla con el área ocupada por cada uso y su porcentaje de ocupación respecto al total, que será de gran utilidad para interpretar esta información.

| Uso del suelo | Área (km ²) | Porcentaje de ocupación |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Tejido urbano discontinuo | 2,76 | 0,76 |
| Zonas industriales o comerciales | 1,61 | 0,44 |
| Tierras de labor en secano | 43,37 | 11,87 |
| Terrenos regados permanentemente | 13,55 | 3,71 |
| Viñedos | 27,93 | 7,65 |
| Frutales | 3,75 | 1,03 |
| Olivares | 1,62 | 0,44 |
| Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes | 0,75 | 0,21 |
| Mosaico de cultivos | 40,17 | 11,00 |
| Terrenos agrícolas con vegetación natural | 11,03 | 3,02 |
| Bosques de frondosas | 47,77 | 13,08 |
| Bosques de coníferas | 19,65 | 5,38 |
| Bosque mixto | 33,78 | 9,25 |
| Pastizales naturales | 3,97 | 1,09 |
| Landas y matorrales | 8,38 | 2,29 |
| Vegetación esclerófila | 82,84 | 22,68 |
| Matorral boscoso de transición | 18,49 | 5,06 |
| Playas, dunas y arenales | 0,08 | 0,02 |
| Roquedo | 0,70 | 0,19 |
| Espacios con vegetación escasa | 3,09 | 0,85 |
| Total | 365,29 | 100 |

Tabla 2. Distribución de los usos del suelo. Elaboración propia.

Como se puede observar en la cartografía y apreciar en los datos, la ocupación del suelo es muy variada y se divide fundamentalmente en territorios boscosos y zonas de cultivo. Es interesante observar que, la zona norte de la zona de estudio está ocupada mayoritariamente por zonas de bosque, tanto de frondosas como de coníferas. Esta situación cambia al llegar a Alquézar y se acentúa conforme el río desciende hasta su desembocadura, siendo los cultivos la ocupación predominante. Destacan los cultivos de vid y olivo. También aparece otro tipo de ocupación artificial ligada a los asentamientos, como son el tejido urbano y las zonas industriales, ligadas sobre todo al municipio más grande de la subcuenca que es Barbastro.

La distribución ocupación del suelo no responde a patrones aleatorios, sino que se encuentra relacionada con otros factores analizados anteriormente como pueden ser las pendientes. Las zonas más elevadas, como cabría esperar, son las que se asocian a la vegetación natural, mientras que las zonas más planas son las más aptas para los cultivos y para los asentamientos humanos. En definitiva, cabría esperar un comportamiento muy desigual en lo referido a los procesos hidrológicos. La abundante presencia de vegetación natural, sobre todo en la parte norte de la cuenca, contribuye a una mayor retención de las gotas de lluvia, favoreciendo así la infiltración. Esto se debe a que la cubierta vegetal protege al suelo de la compactación provocada por el impacto directo de las gotas de lluvia al ejercer de “paraguas” e interceptar dichas gotas amortiguando así su velocidad. Esto conlleva a que el agua permanecerá más tiempo en la superficie, lo que aumenta las posibilidades de ser infiltrada. Por la misma razón, las zonas con menor vegetación, asociadas principalmente a las zonas asociadas al curso bajo, provocarían que los procesos relacionados con la escorrentía fueran los dominantes.

5.4.Clima

El clima tiene un gran poder como modelador del territorio y más aún si nos encontramos en una cuenca fluvial en un entorno prepirenaico y de somontano. Todo lo visto anteriormente en este apartado, se verá influenciado y condicionado fundamentalmente por dos aspectos del clima: las precipitaciones y la temperatura. Para su estudio, se ha tenido como referencia los datos de la localidad de Alquézar, al situarse en el centro del área de estudio.

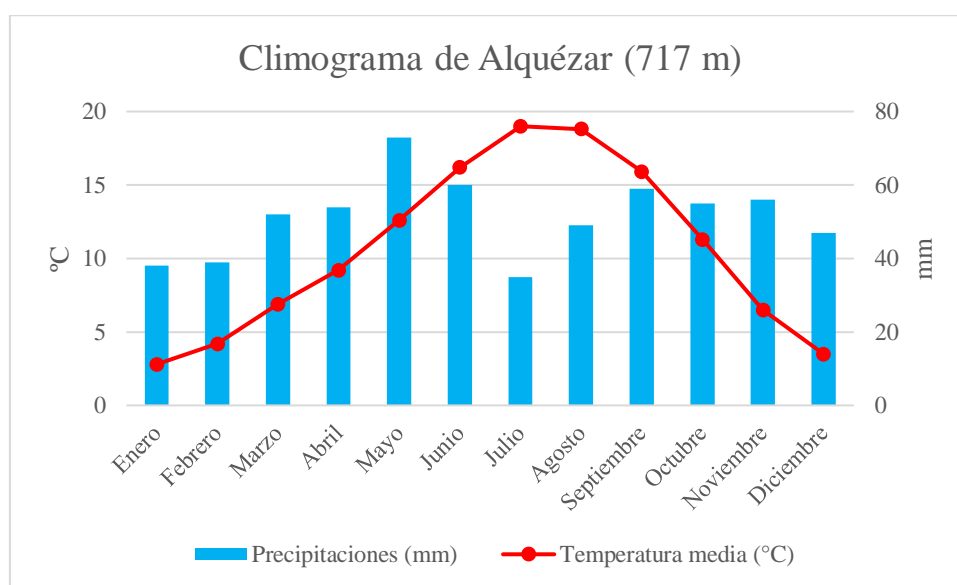


Figura 7. Climograma de Alquézar. Elaboración propia. Fuente: climate-data.org.

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 2,8 | 4,2 | 6,9 | 9,2 | 12,6 | 16,2 | 19 | 18,8 | 15,9 | 11,3 | 6,5 | 3,5 |
| Temperatura Min (°C) | -1,20 | -0,20 | 1,70 | 3,80 | 7,30 | 10,50 | 12,90 | 12,70 | 10,60 | 6,40 | 2,30 | 0,00 |
| Temperatura Max (°C) | 6,9 | 8,7 | 12,1 | 14,6 | 18,0 | 21,9 | 25,2 | 25,0 | 21,2 | 16,3 | 10,8 | 7,0 |
| Precipitaciones (mm) | 38 | 39 | 52 | 54 | 73 | 60 | 35 | 49 | 59 | 55 | 56 | 47 |

Tabla 3. Datos climáticos de Alquézar. Elaboración propia. Fuente: climate-data.org.

Como se puede observar en la gráfica, Alquézar presenta un clima de transición entre el mediterráneo continentalizado y el de montaña, derivado de su situación geográfica. Los veranos no llegan a ser del todo calientes, al no sobrepasar los 20 grados, mientras que los inviernos son fríos, pero sin llegar a temperaturas negativas promedio. Las precipitaciones destacan en otoño y primavera, siendo el verano la estación más seca. Además, hay que destacar que su emplazamiento favorece la aparición de microclimas, derivados de la orientación y el relieve, destacando los procesos de inversión térmica apreciables en las zonas abarrancadas.

En este sentido, también es interesante conocer el balance hídrico de la zona, por lo que en primer lugar es necesario mostrar la evapotranspiración potencial. Se define como la cantidad máxima de agua que perdería el suelo por evaporación y transpiración, suponiendo que este estuviera saturado y, para su cálculo, se utilizará la fórmula de Hargreaves:

$$ET_0 = 0,0135 (t_{med} + 17,78) R_s$$

ET_0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

T_{med} = temperatura media en °C

R_s = radiación solar incidente, convertida en mm/día

Este último valor (R_s) se calcula a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera la atmósfera) y se muestra en diversas tablas en función de la latitud del lugar (en este caso, 42° N) y del mes. La gráfica resultante es la siguiente:

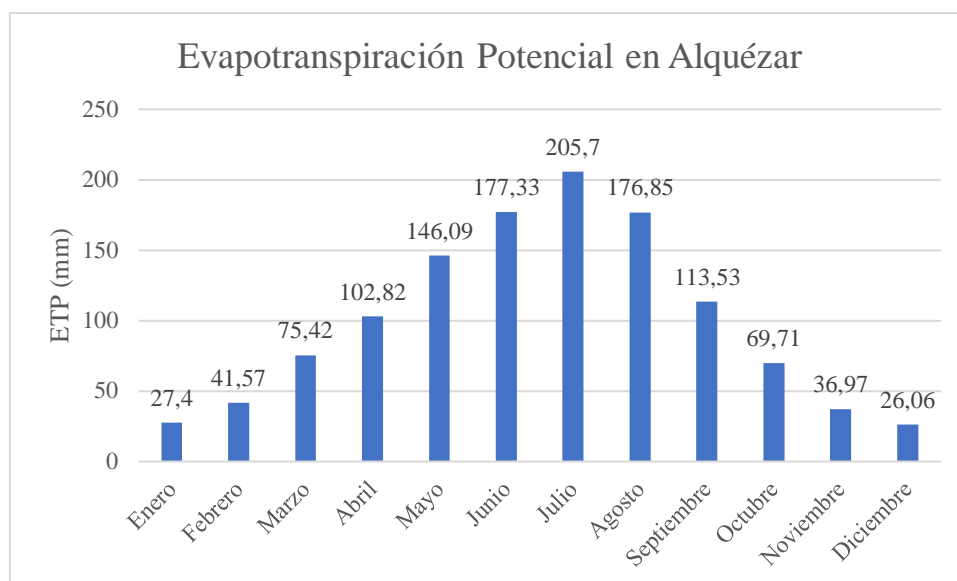


Figura 8. Evapotranspiración Potencial en Alquézar. Elaboración propia.

Como cabría esperar, los meses con mayor evapotranspiración potencial son los de verano y viceversa, alcanzado un total de casi 1200 mm al año. A partir de estos datos ya se puede calcular el balance hídrico, comprobando la diferencia de este dato con el de precipitaciones.

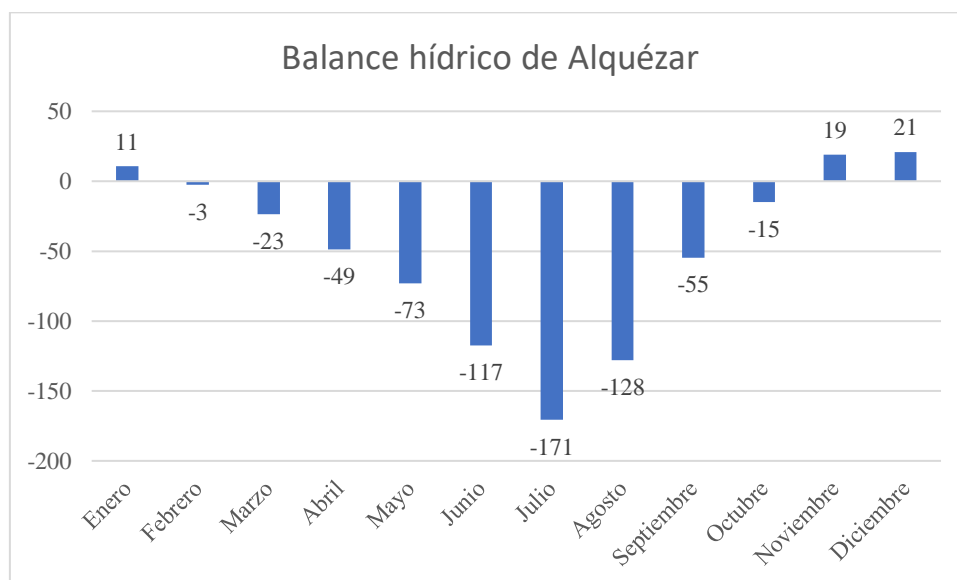


Figura 9. Balance hídrico en Alquézar. Elaboración propia.

El balance hídrico es un dato a tener en cuenta no solo en los estudios hidrológicos, sino que también para analizar sobre todo aspectos edáficos (estudios de conservación de suelos, establecimiento de régimen de humedad de los suelos...) y agrícolas (evaluación de la disponibilidad hídrica para los cultivos). En la gráfica se observa una clara tendencia

a meses secos (cuando el balance es negativo), ya que solo en los meses de noviembre, diciembre y enero se aprecian valores positivos. Este déficit hídrico influirá notablemente en el comportamiento hidrológico de la cuenca, ya que rara vez el suelo se verá saturado por lo que predominaría la infiltración.

6. Análisis de la red de drenaje

La red de drenaje para una cuenca sería todo el entramado natural de transporte gravitacional de agua y sedimentos, comprendiendo tanto los flujos de ríos, barrancos y lagos superficiales como los subterráneos, los cuales son alimentados por las precipitaciones y la nieve fundida. Su estudio proporciona información muy valiosa para comprender el funcionamiento hidrológico de la propia cuenca, además de ayudar a entender el porqué de la geomorfología existente en toda esta zona.

6.1.Descripción y caracterización

Para la cuenca del Vero, el flujo principal a partir del cual se articula toda la red de drenaje es el del cauce del propio Vero. No tiene afluentes, pero sí una red de barrancos como podrían ser el barranco de la Fuente o el de Basender.

Según la clasificación tradicional de las redes de drenaje (Gregory y Walling, 1973), la red de drenaje presente en la cuenca del Vero presenta una tipología dendrítica pinnada, ya que presenta una ramificación en la que los tributarios se unen a las corrientes principales formando ángulos generalmente rectos.

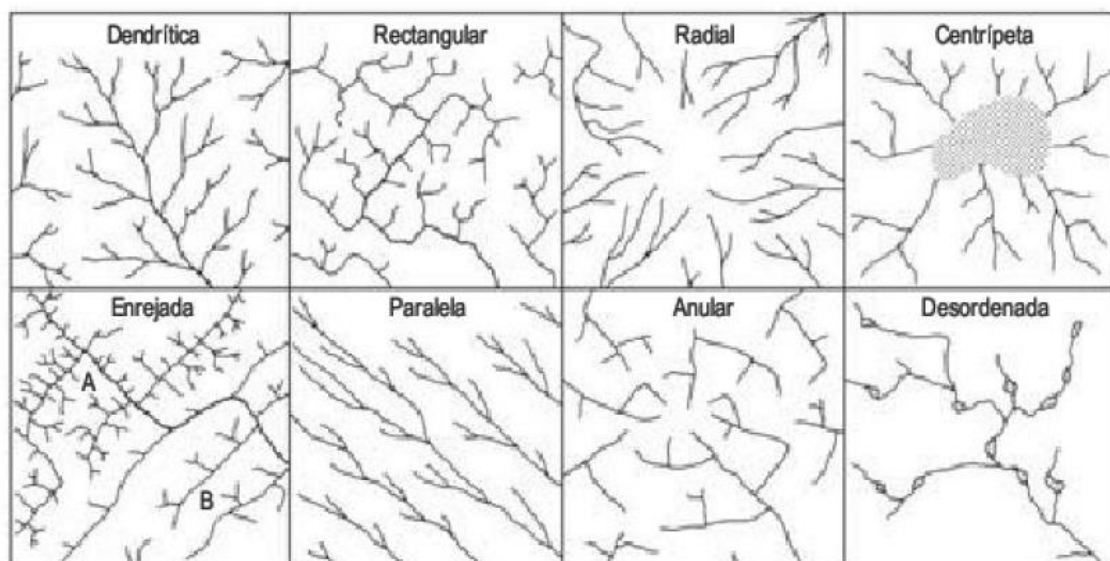


Figura 10. Tipos de clasificaciones morfológicas de las redes de drenaje según Gregory y Walling (1973).
Fuente: geoaprendo.com

6.2.Morfometría fluvial

En este apartado se va a mostrar, por un lado, la cartografía de la red hídrica jerarquizada según el método de Strahler (1957) y, por otro, una serie de datos morfométricos de la cuenca que serán de gran utilidad para caracterizar la cuenca.

6.2.1. Red de drenaje jerarquizada

Como se acaba de mencionar, la red presenta una morfología dendrítica pinnada y, para su clasificación, uno de los métodos más utilizados es el de Strahler, geógrafo que fue profesor en la Universidad de Columbia famoso por realizar la división de las corrientes de una red de drenaje de acuerdo con la potencia de sus afluentes. Para su aplicación, Strahler concibe cada segmento de una red fluvial como el nodo de un árbol, tratando al segmento aguas abajo como su padre. Así pues, cuando dos segmentos de agua de primer orden se unen, forman un curso de segundo orden y así sucesivamente, hasta que haya un único segmento con la valoración más alta, que variará según el tamaño de la red hidrográfica.

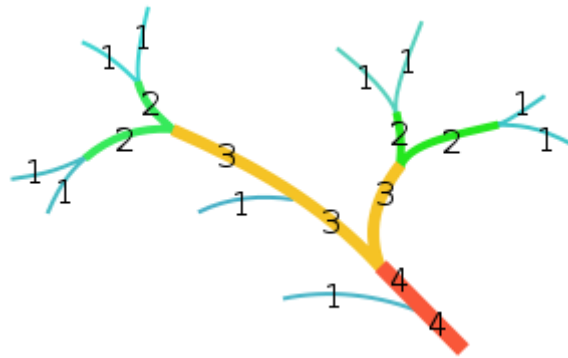
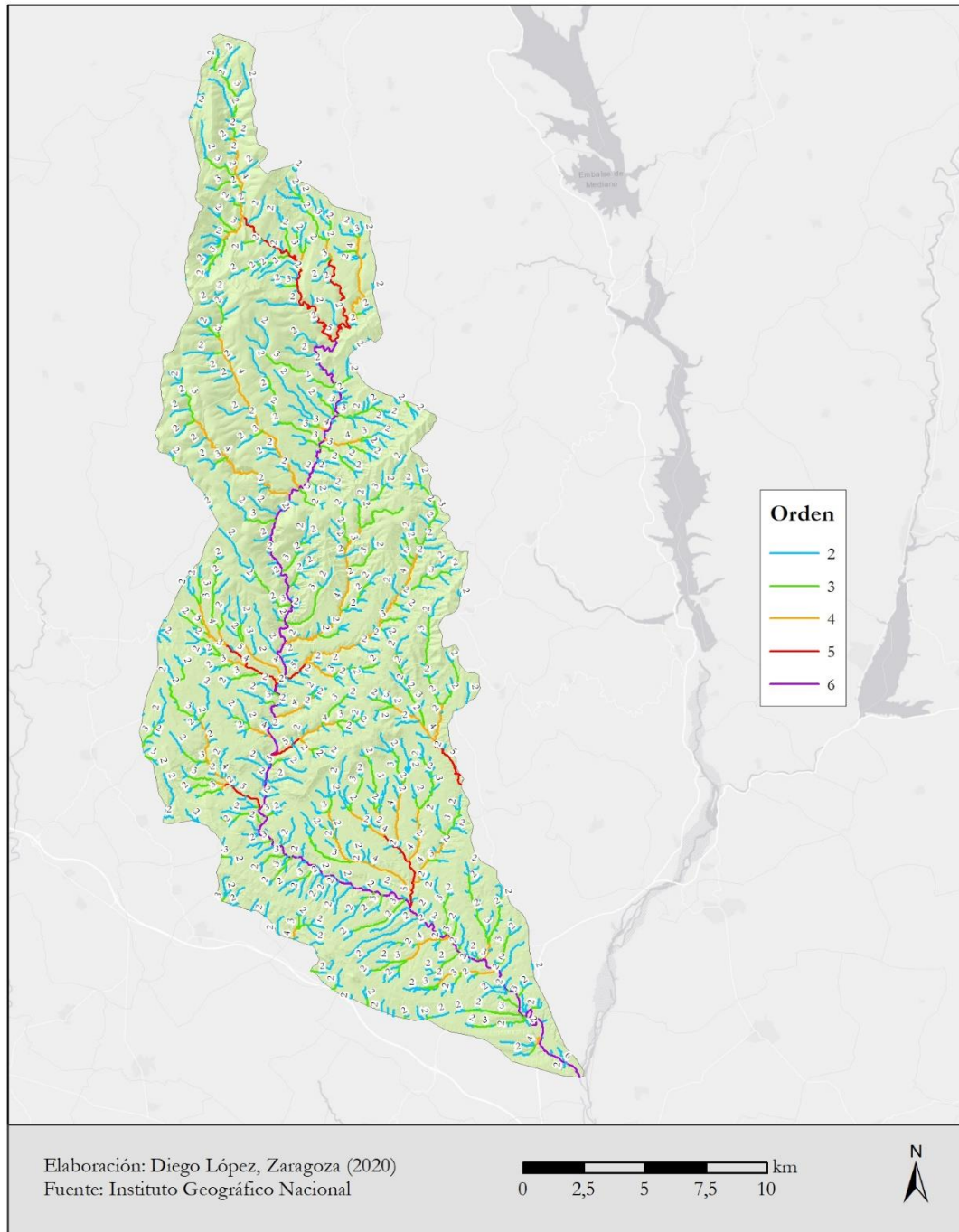


Figura 11. Ejemplo de división de las corrientes de drenaje según Strahler. Fuente: ghidrologia.blogspot.com

En lo referido a la ordenación del territorio, este método ayuda a comprender las inundaciones ya que, si una cuenca es muy grande y su red no posee muchos segmentos, existiría una mayor posibilidad de inundaciones, ya que el agua se concentraría en menos caudales en lugar de esparcirla por la cuenca.

Para la cuenca del Vero, esta clasificación se ha realizado mediante geoprocetos en el SIG y para su representación se han eliminado visualmente los tramos con orden 1.

RED HIDROGRÁFICA JERARQUIZADA SEGÚN STRAHLER



6.2.2. Parámetros morfométricos la subcuenca

A continuación, se muestran una serie de datos morfométricos de la cuenca, averiguados gracias a diferentes operaciones espaciales con el SIG:

| Parámetros morfométricos de la subcuenca del Vero | | |
|--|-----------------|---------|
| Descripción | Unidad | Valor |
| De la superficie | | |
| Área | km ² | 365,29 |
| Perímetro de la cuenca | km | 166,88 |
| Cotas | | |
| Cota máxima | msnm | 1436,88 |
| Cota mínima | msnm | 279,41 |
| Centroide (PCS: ETRS 1989 UTM Zone 30N) | | |
| X centroide | km | 751,69 |
| Y centroide | km | 4673,09 |
| Z centroide | msnm | 788,27 |
| Altitud | | |
| Altitud media | msnm | 693,52 |
| Altitud más frecuente | msnm | 625 |
| Pendiente | | |
| Pendiente promedio de la cuenca | % | 15,57 |
| De la red hídrica | | |
| Longitud del curso principal | km | 60,9 |
| Orden de la red hídrica | und | 6 |
| Longitud de la red hídrica | km | 542,32 |
| Pendiente promedio de la red | % | 14,96 |

Tabla 4. Parámetros morfométricos de la subcuenca. Elaboración propia.

Adicionalmente, se ha generado un rectángulo equivalente de la cuenca referido a los porcentajes de los diferentes intervalos de alturas que se han definido durante el proceso, que representa la distribución de las alturas de la cuenca si esta fuera totalmente rectangular.

| Intervalos de altitud (m) | Superficie (km2) | Superficie acumulada (km2) | Porcentaje de cuenca | Porcentaje de cuenca acumulada |
|---------------------------|------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 279-500 | 112 | 112 | 30,66 | 30,66 |
| 500-750 | 118 | 230 | 32,30 | 62,96 |
| 750-1000 | 82,3 | 312,3 | 22,53 | 85,49 |
| 1000-1250 | 40 | 352,3 | 10,95 | 96,44 |
| 1250-1437 | 13 | 365,3 | 3,56 | 100,00 |
| Total | 365,3 | | | |

Tabla 5. Intervalos de altitud de la cuenca. Elaboración propia.

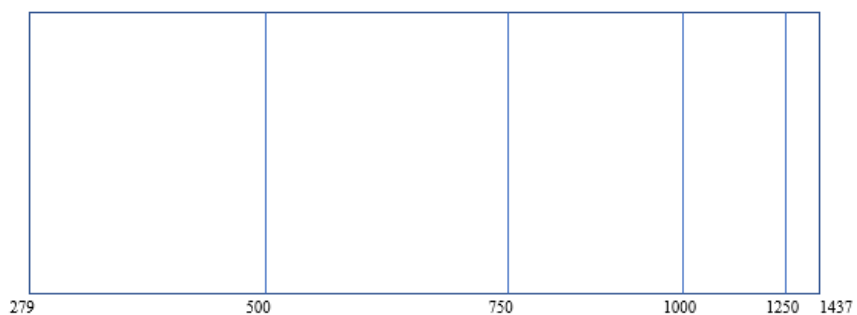


Figura 12. Rectángulo equivalente de las altitudes de la cuenca. Elaboración propia.

7. Caracterización hidrológica

Conocer la cuenca también implica el conocimiento de los procesos hidrológicos que se dan ella, dependientes fundamentalmente de las precipitaciones. Para la realización de este apartado, en el cual se realizará una caracterización hidrológica de los aspectos más relevantes de la misma, ha sido necesario recopilar datos hidrológicos de la base de datos de una estación de aforos incluida en la cuenca. En nuestro caso, se ha elegido la estación de aforo del Vero de Lecina, situada al norte de la subcuenca.

| | |
|-----------------------|----------------|
| Lugar | Lecina |
| Municipio | Bárcabo |
| Provincia | Huesca |
| Nº de estación | 9046 |
| Nº de cuenca | 9599 |
| Corriente | Vero (Río) |
| En servicio | Sí |
| Hoja 1/50000 | 249 (Alquézar) |

Tabla 6. Datos de la estación de aforo. Elaboración propia. Fuente: ceh.cedex.es

7.1. Abundancia o caudalosidad

La caudalosidad es un elemento clave a la hora de definir el comportamiento hidrológico de la cuenca, y se puede definir como la cantidad de agua que discurre por un río. Se relaciona con los siguientes conceptos:

- Caudal: cantidad de agua que discurre por un río en un lugar (estación de aforo) y tiempo determinado expresado en m^3/seg . Medida más habitual.
- Caudal específico: es el caudal puesto en relación con la extensión superficial de la cuenca ($\text{l}/\text{km}^2/\text{seg}$). El caudal medio específico anual es la caudalosidad:

$<5 \rightarrow$ Débil

$5-15 \rightarrow$ Medio

$15-40 \rightarrow$ Fuerte

$>40 \rightarrow$ Muy fuerte

La caudalosidad queda mejor representada con el caudal específico al ponerse en relación con la superficie de recogida de la cuenca.

Para nuestra cuenca, nos encontramos un módulo de $1,63 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que da como resultado 1630 litros. La superficie ha sido hallada mediante los datos proporcionados por el software. Así pues, ya podemos aplicar la fórmula:

$$\text{Caudal específico} = 1630/365/\text{seg} = 4,47$$

Nos encontramos ante un río con un caudal específico bajo.

7.2. Irregularidad interanual

La irregularidad interanual ha sido tradicionalmente un dato muy significativo a la hora de caracterizar un curso fluvial, desde Masachs (1948) (citado en Sánchez Fabre, 2018, pp.138) hasta multitud de estudios recientes. Este término se podría definir como la variación experimentada por el caudal medio anual de un río durante una serie de años a partir de la consideración de diferente caudal de un río de un año para otro. Se expresa mediante el coeficiente de irregularidad (valor máximo anual de la serie/valor mínimo anual de la serie). Este coeficiente sirve para comparar el grado de variabilidad que diferentes cursos fluviales mostraban y para comprobar su relación con la cadencia de las precipitaciones. Para su clasificación, se utilizará la propuesta de Sánchez Fabre (2018), la cual expresa lo siguiente:

| Tipo o nivel de irregularidad interanual | Subtipos | Coeficiente de irregularidad | Desviación típica |
|--|----------------------------|------------------------------|-------------------|
| Regular | | < 4,00 | < 0,33 |
| Irregularidad baja | | 4,01 - 6,00 | < 0,45 |
| Irregularidad intermedia | Irregularidad intermedia | 6,01 - 12 | < 0,45 |
| | Irregularidad intermedia + | 6,01 - 12 | > 0,45 |
| Irregularidad alta | Irregularidad alta | 12,01 - 20 | 0,4 - 0,6 |
| | Irregularidad alta + | 12,01 - 20 | > 0,6 |
| Irregularidad máxima | Irregularidad máxima | > 20,01 | 0,6 - 0,7 |
| | Irregularidad máxima + | > 20,01 | > 0,7 |

Tabla 7. Clasificación hidrológica según la irregularidad interanual. Elaboración propia. Fuente: Sánchez Fabre, 2018.

Esta clasificación, como se puede observar, no solo usa el criterio del coeficiente de irregularidad, sino que agrega la desviación típica como parámetro estadístico a tener en cuenta. En primer lugar, para su representación, se ha realizado una gráfica en la que en el eje vertical se representa el caudal medio anual (m^3/s) y en el horizontal los años hidrológicos. Además, se le añade el módulo (caudal medio anual teórico si el río llevara

siempre el mismo caudal) que, en este caso, es de 1,63. Se dispone de una serie de datos de 1931 al 2009, pero no todos los años poseen valores.

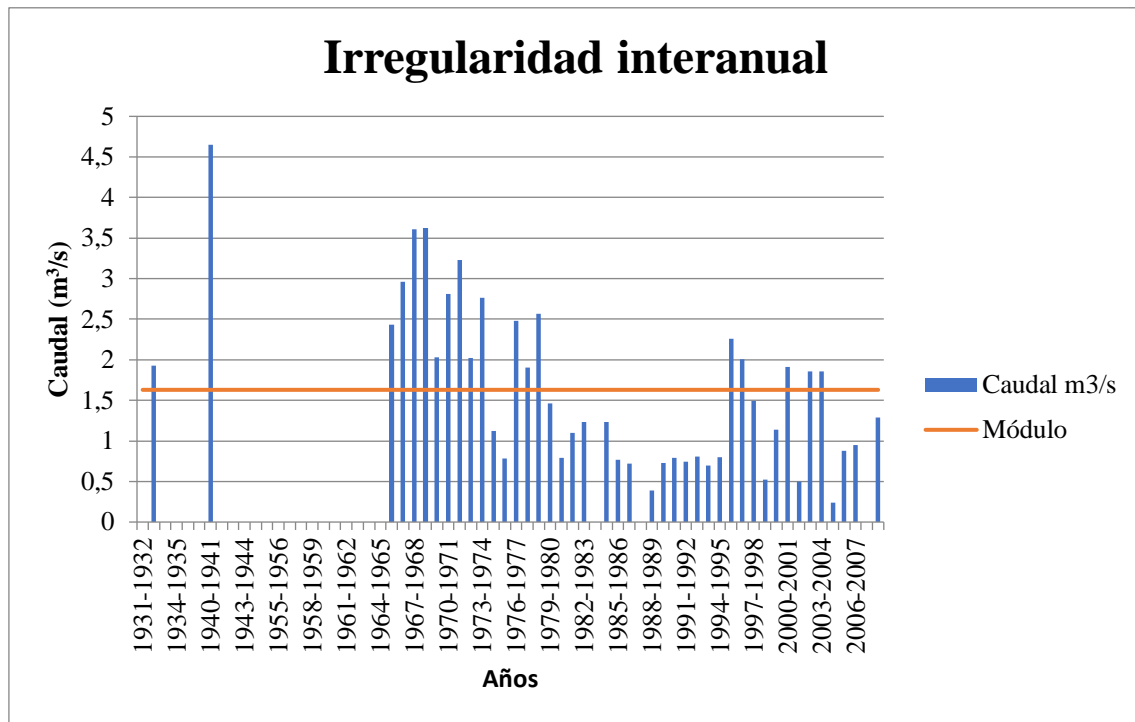


Figura 13. Irregularidad interanual del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO.

$$\text{Coeficiente de irregularidad} = 4,65/0,24 = 19,38$$

Una vez hallado el coeficiente de irregularidad, para clasificarlo según Sánchez Fabre es necesario averiguar la desviación típica de la serie de datos. Para ello, se han incluido los 30 últimos datos en una hoja de cálculo (30 son los datos con los que una hoja de cálculo averigua el dato con fiabilidad) y el resultado es de **0,64**. Este parámetro refleja la dispersión de los datos respecto a la media, siendo 1 la desviación máxima y 0 la mínima, por lo que se puede decir que los datos presentan una desviación por encima de la media. Así bien, poniendo en común el dato de coeficiente de irregularidad y el de desviación típica, se puede afirmar que el río Vero presenta una **Irregularidad alta +**.

7.3. Variación estacional de caudal

La variación estacional de caudal es otro parámetro muy interesante a la hora de representar la realidad de la cuenca, ya que es un reflejo claro de las variaciones climáticas (régimen de precipitaciones) y de la influencia de diversos factores que condicionan la red hidrológica.

Para la realización de este parámetro se ha realizado una gráfica representando la media del caudal mensual de todos los años en los que existen datos (1931-2009), con el objetivo de clasificar nuestra cuenca según lo siguiente:

- Simple: si se encuentra un periodo de aguas altas y otro de aguas bajas relacionados bien por las precipitaciones (reg. pluvial) o bien por el deshielo (reg. nival).
- Mixtos: cuando los regímenes no son totalmente puros, encontraremos regímenes nivo-pluviales y pluvio-nivales según cuando se dé el periodo de aguas alta. En regímenes complejos, se encontrarán tanto máximos como mínimos principales y secundarios, que dependerán también del periodo de aguas altas y bajas.
- Complejo cambiante: está asociado a grandes ríos que atraviesan zonas con variaciones climáticas y, por ello, diferente comportamiento estacional.

Además, se ha realizado el coeficiente de caudal (relación entre el caudal medio de cada mes y el módulo anual de una larga serie de años) con el que se obtiene un valor comprendido entre 0,1 y 3.

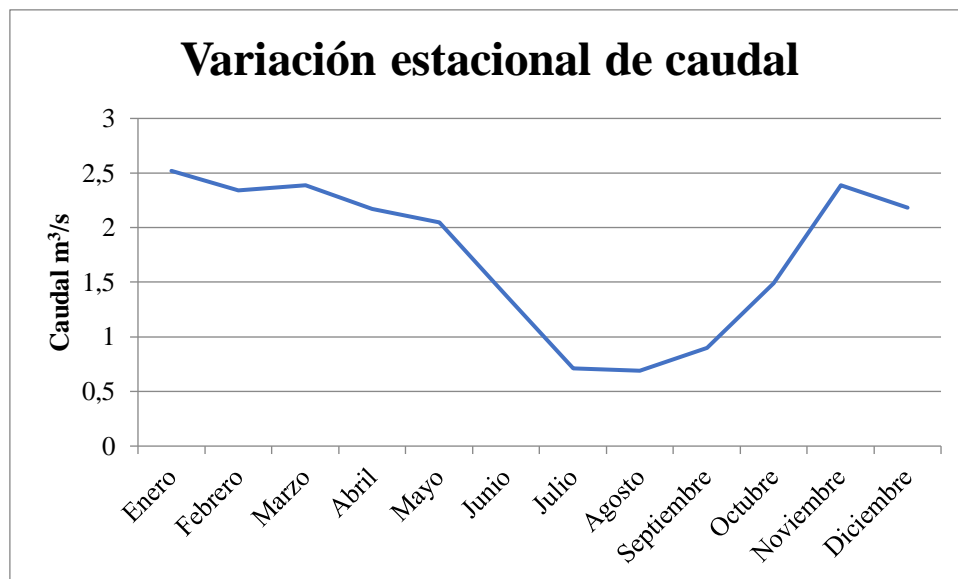


Figura 14. Variación estacional de caudal del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO.

| Meses | Coefficiente de caudal |
|------------|------------------------|
| Enero | 1,55 |
| Febrero | 1,44 |
| Marzo | 1,47 |
| Abril | 1,33 |
| Mayo | 1,26 |
| Junio | 0,85 |
| Julio | 0,44 |
| Agosto | 0,42 |
| Septiembre | 0,55 |
| Octubre | 0,91 |
| Noviembre | 1,47 |
| Diciembre | 1,34 |

Tabla 8. Coeficiente de caudal de cada mes. Elaboración propia.

Se observa un claro régimen pluvial, ya que encontramos una relación directa entre los meses con menor precipitación y los meses con menor caudal (meses de verano).

7.4.Fenómenos extremos

Los fenómenos extremos son las crecidas y los estiajes, que individualmente no suponen un gran problema, pero, al relacionarlos con otros desastres naturales y otros factores, pueden llegar a serlo. Además, dependiendo de la vulnerabilidad del medio antrópico y de la propia cantidad de personas a las que se afecte, su impacto puede llegar a ser devastador, por lo que su estudio debe estar presente en asuntos de ordenación territorial.

7.4.1. Crecidas

Se entiende como crecida al aumento rápido y muy acentuado del caudal del río. Tradicionalmente, el umbral se encuentra en duplicar el valor del módulo, aunque actualmente el criterio varía según el tamaño del río por lo que se tiende a triplicar e incluso multiplicar por 4 o 10 el módulo de un río. De manera habitual, el origen de las crecidas se encuentra en las precipitaciones de gran intensidad, por lo que la crecida será mayor cuando se den precipitaciones en toda la cuenca.

En nuestro caso de estudio hemos decidido multiplicar el módulo por 3, 5, 10 y 25 y a partir de los datos de caudal máximo instantáneo anual clasificar las crecidas según el intervalo en el que se encuentren.

| | |
|---------------|-------------|
| Módulo | 1,63 |
| x3 | 4,89 |
| x5 | 8,15 |
| x10 | 16,30 |
| x25 | 40,74 |

Tabla 9. Módulo para establecer las crecidas. Elaboración propia.

Para observar en qué momento se ha sobrepasado los diferentes módulos, se usa el dato del caudal máximo instantáneo mensual (Tabla 10). Con esta información es más fácil localizar en el tiempo una avenida, ya que muestra el dato en el que el caudal es mayor para cada mes.

| | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 |
|-------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Octubre | 101,0 | 16,3 | 15,6 | 1,2 | 25,8 | 12,9 | 5,5 | 20,0 | 1,4 | 1,8 | 0,6 | 32,0 | 77,7 | 0,2 | 49,9 | 10,6 | 1,1 | 16,2 | 0,3 | 0,2 | 1,2 | 2,6 |
| Noviembre | 38,6 | 71,5 | 60,0 | 34,0 | 36,7 | 2,1 | 3,1 | 16,3 | 2,8 | 1,8 | 0,4 | 31,8 | 2,7 | 0,2 | 2,7 | 21,2 | 0,4 | 141,9 | - | 13,8 | 3,8 | 39,1 |
| Diciembre | 4,1 | 1,5 | 10,2 | 45,3 | 2,9 | 17,3 | 2,5 | 41,5 | 23,3 | 1,8 | 2,9 | 52,7 | 52,7 | 3,8 | 1,0 | 1,0 | 65,5 | 1,6 | - | 46,3 | 3,6 | 1,0 |
| Enero | 18,1 | 1,6 | 0,3 | 28,8 | 58,2 | 46,1 | 10,1 | 4,3 | 22,0 | 1,1 | 0,4 | 66,8 | 1,5 | 76,4 | 0,9 | 0,5 | 12,7 | 1,5 | - | 12,1 | 2,4 | 2,9 |
| Febrero | 50,8 | 14,2 | 17,4 | 44,0 | 2,2 | 11,9 | 31,5 | 2,2 | 3,2 | 22,0 | 11,8 | 6,7 | 23,6 | 26,4 | 4,1 | 1,4 | 9,7 | 1,7 | - | 5,7 | 2,8 | 3,3 |
| Marzo | 2,9 | 59,5 | 3,1 | 50,3 | 1,4 | 3,4 | 18,4 | 1,3 | 39,5 | 3,0 | 0,5 | 2,3 | 42,5 | 10,3 | 6,9 | 2,3 | 2,2 | 1,5 | - | 1,4 | 2,1 | 0,5 |
| Abril | 13,3 | 17,4 | 5,6 | 33,5 | 1,6 | 52,2 | 2,9 | 1,3 | 13,4 | 1,4 | 2,0 | 4,3 | 11,0 | 10,6 | 54,1 | 3,3 | 1,4 | 1,4 | - | 6,8 | 37,2 | 7,9 |
| Mayo | 1,4 | 2,8 | 12,1 | 11,9 | 26,6 | 23,7 | 18,8 | 28,8 | 2,7 | 21,2 | 42,5 | 83,3 | 9,7 | 8,4 | 36,6 | 3,8 | 1,4 | 0,8 | - | 12,1 | 3,3 | 1,4 |
| Junio | 8,6 | 2,2 | 13,9 | 24,1 | 8,8 | 29,6 | 71,5 | 18,0 | 4,3 | 8,1 | 4,8 | 10,2 | 5,2 | 49,4 | 2,6 | 1,0 | 2,4 | 12,1 | - | 1,8 | 0,6 | 0,3 |
| Julio | 1,1 | 1,9 | 1,9 | 4,8 | 18,4 | 12,6 | 27,9 | 3,8 | 2,4 | 18,0 | 0,9 | 1,7 | 1,9 | 1,8 | 0,9 | 0,5 | 26,9 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 17,0 |
| Agosto | 1,2 | 20,8 | 71,5 | 0,6 | 20,8 | 18,0 | 10,4 | 4,3 | 35,5 | 0,6 | 14,6 | 3,1 | 0,1 | 6,2 | 13,0 | 1,4 | 18,9 | 135,9 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 1,6 |
| Septiembre | 5,8 | 3,5 | 71,5 | 5,1 | 0,9 | 12,6 | 124,3 | 5,5 | 53,6 | 2,2 | 5,2 | 0,3 | 0,0 | 16,7 | 2,0 | 4,2 | 20,4 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 2,4 | 1,6 |

| 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 34,4 | 6,5 | 0,2 | 13,5 | 7,6 | 14,9 | 13,5 | 11,4 | 0,2 | 1,0 | 0,2 | 0,6 | 45,0 | 1,4 | 1,6 | 72,3 | 29,0 | 4,1 | 9,6 | 6,1 | 0,1 | 6,3 |
| 2,7 | 0,9 | 9,8 | 14,2 | 4,4 | 3,3 | 5,0 | 110,6 | 5,2 | 16,5 | 13,4 | 0,2 | 11,8 | 24,1 | 2,6 | 10,4 | 27,1 | 2,2 | 2,4 | 14,1 | 0,5 | 42,5 |
| 50,4 | 0,2 | 28,1 | 0,7 | 5,2 | 2,7 | 0,4 | 1,1 | 96,9 | 19,9 | 134,3 | 1,6 | 0,7 | 24,5 | 0,4 | 9,0 | 9,0 | 1,0 | 2,6 | 11,8 | 0,1 | 2,6 |
| 35,8 | 0,2 | 1,8 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 6,8 | 15,2 | 61,7 | 36,6 | 14,7 | 4,9 | 0,3 | 9,6 | 0,9 | 2,6 | 1,0 | 0,3 | 2,2 | 0,5 | 1,2 | 6,1 |
| 7,9 | 2,1 | 0,7 | 1,4 | 0,3 | 0,3 | 2,0 | 0,8 | 9,0 | 4,5 | 5,7 | 0,4 | 0,2 | 3,7 | 0,3 | 68,5 | 1,5 | 0,1 | 1,5 | 0,8 | 1,3 | 4,9 |
| 0,9 | 4,0 | 0,3 | 53,8 | 0,4 | 1,5 | 1,5 | 0,4 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 2,9 | 0,2 | 19,1 | 2,4 | 29,0 | 19,1 | 0,1 | 6,8 | 0,5 | 0,3 | 2,1 |
| 23,0 | 2,1 | 3,8 | 0,8 | 3,3 | 10,1 | 0,3 | 0,3 | 2,6 | 13,8 | 3,7 | 2,8 | 29,4 | 15,8 | 13,1 | 6,1 | 10,4 | 0,6 | 1,3 | 24,9 | 37,1 | 22,6 |
| 8,5 | 2,6 | 2,7 | 0,3 | 2,7 | 3,8 | 2,6 | 1,6 | 13,1 | 6,1 | 5,7 | 2,6 | 6,3 | 18,3 | 0,9 | 26,0 | 10,4 | 0,7 | 0,4 | 2,8 | 16,9 | 2,4 |
| 34,4 | 5,4 | 43,2 | 0,2 | 8,5 | 1,4 | 0,3 | 1,7 | 2,6 | 0,9 | 3,9 | 0,5 | 42,0 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 1,7 | 0,9 | 0,2 | 1,3 | 13,1 | 17,2 |
| - | 0,4 | 0,7 | 0,2 | 4,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 4,5 | 21,8 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 84,4 | 1,6 | 2,6 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 0,4 |
| - | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 9,8 | 8,2 | 0,2 | 10,8 | 21,8 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 1,0 | 0,4 | 1,1 | 0,5 | 0,3 | 1,4 |
| - | 1,1 | 0,4 | 10,8 | 32,1 | 35,3 | 4,0 | 1,8 | 1,2 | 0,3 | 2,0 | 8,5 | 0,4 | 15,8 | 25,2 | 5,3 | 3,3 | 7,8 | 21,8 | 0,5 | 1,1 | 0,4 |

Tabla 10. Caudal máximo instantáneo mensual del Vero. Elaboración propia. Fuente: MITECO.

A través de esta tabla seleccionamos tres casos de crecida para su correspondiente representación gráfica (celda en rojo con el dato en color amarillo). Se selecciona el dato de caudal medio diario. En ella se representan diferentes componentes hidrológicos:

- Curva de ascenso: momento en el que se da un aumento considerable de la crecida.
- Pico de crecida: instante máximo de crecida, a partir del cual empieza a descender el caudal del río.
- Curva de descenso: descenso de caudal tras el punto máximo de crecida.
- Curva de agotamiento: prolongación de la anterior con menor pendiente.

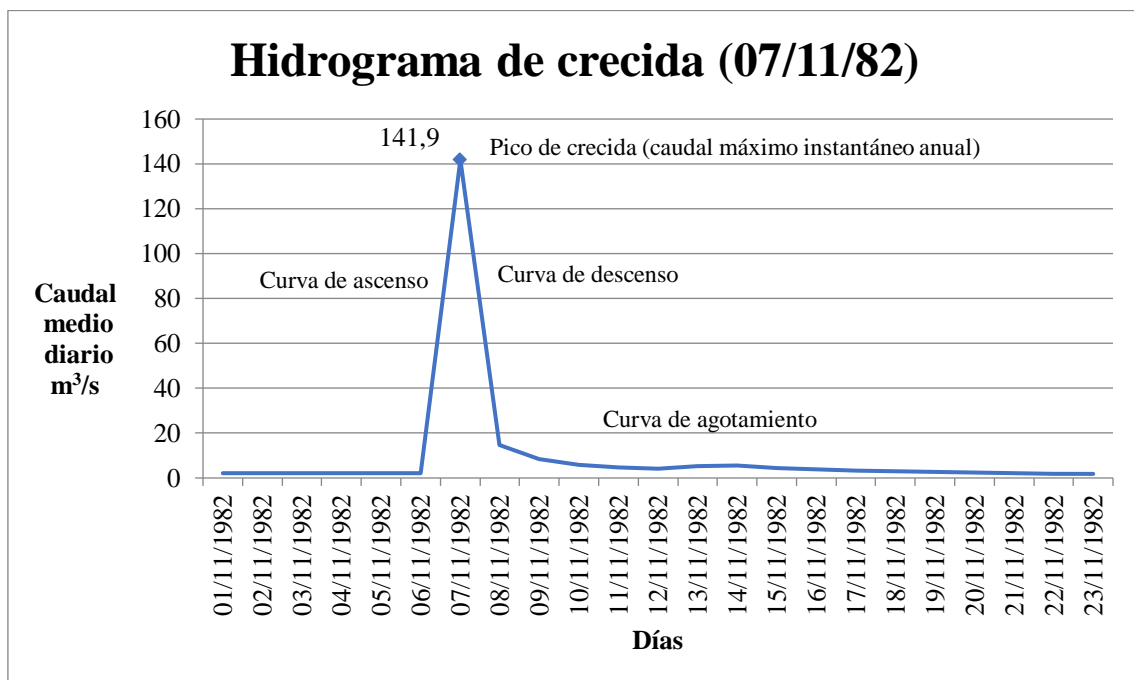


Figura 15. Hidrograma de la crecida del 1982. Elaboración propia.

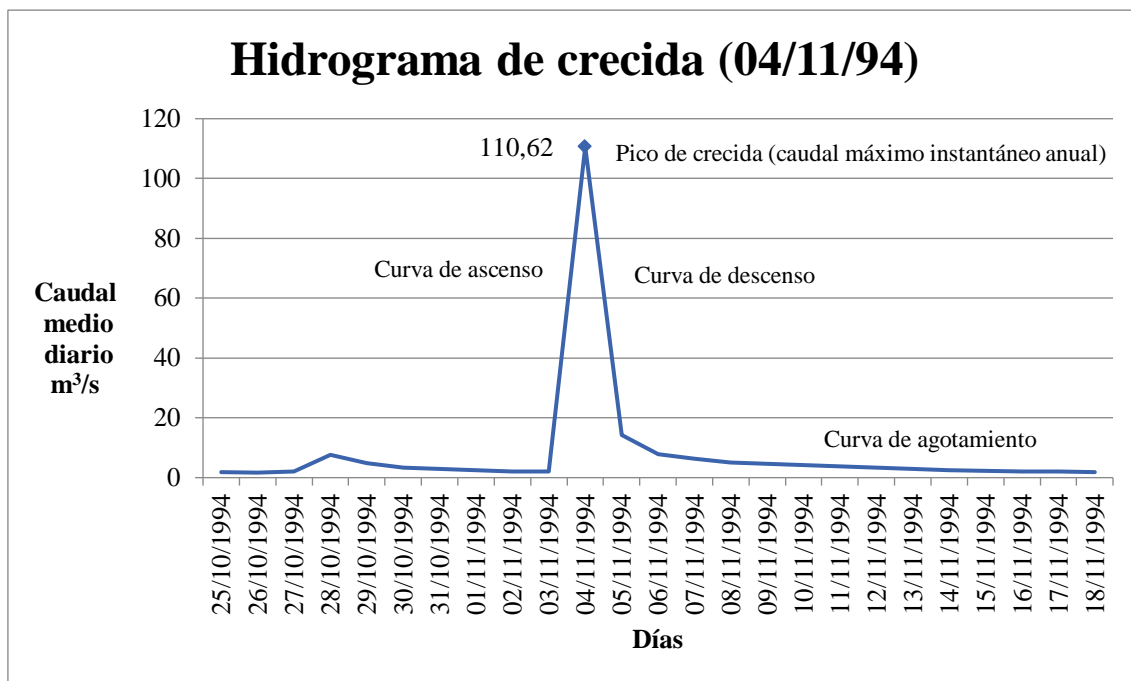


Figura 16. Hidrograma de la crecida del 1994. Elaboración propia.

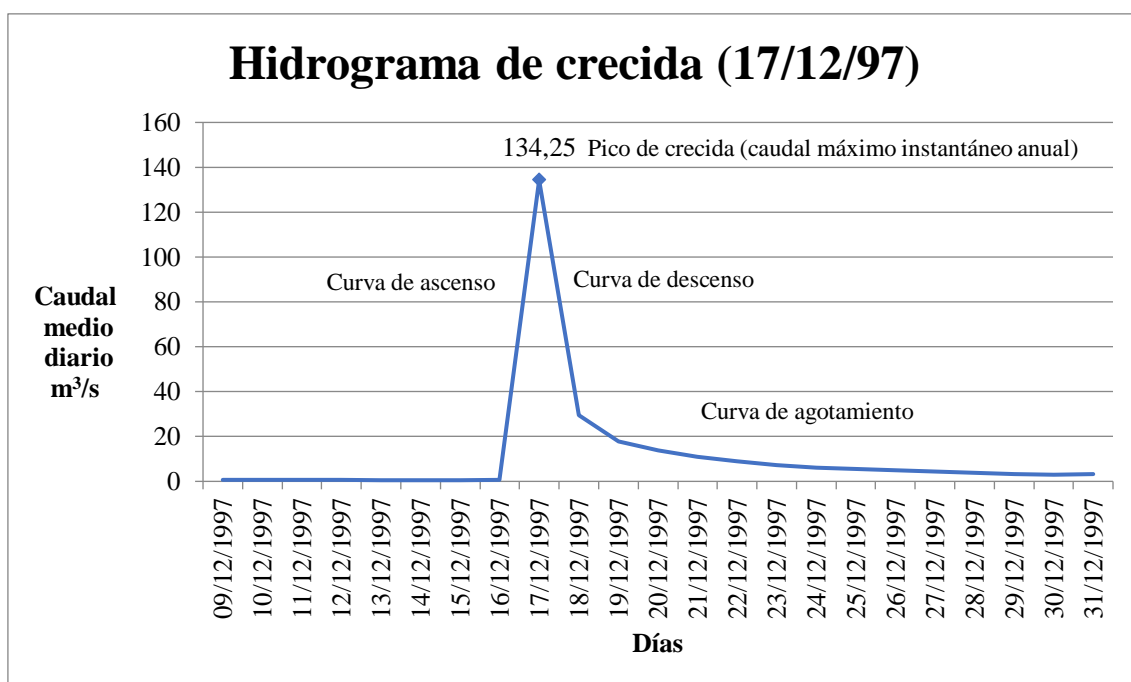


Figura 17. Hidrograma de la crecida del 1997. Elaboración propia.

En todas las figuras se puede observar una tendencia común, ya que el aumento de caudal es rápido mientras que el descenso es más paulatino. Al poseer un caudal tan irregular y, generalmente bajo, las avenidas en el Vero son una seña de identidad y cuyas consecuencias se han manifestado en varios puntos, sobre todo en Barbastro, donde se

vieron obligados a canalizar el río a finales de los 70 por las consecuencias que tenían estas crecidas.

7.4.2. Estiajes

El estiaje es un descenso del caudal muy marcado aproximándose en algunos casos al nivel cero de caudal. El criterio para estimar el umbral de estiaje se basa en seleccionar el caudal medio mensual más bajo, para posteriormente dividir el dato por dos:

$$\text{Umbral de estiaje} = \text{Caudal medio mensual más bajo} / 2$$

En nuestro caso, el mes con el caudal medio más bajo es agosto, con un dato de 0,7 m³/s, por lo que el umbral se encuentra en 3,5.

La causa principal de los estiajes es la ausencia de aportes pluviales en largos periodos de tiempo cuando hay una gran evapotranspiración. De este modo, los estiajes son estacionales y acentuados, normalmente entre junio y octubre, aunque se puede ampliar en función de las precipitaciones.

Para su análisis seleccionamos tres periodos significativos entre dichos meses:

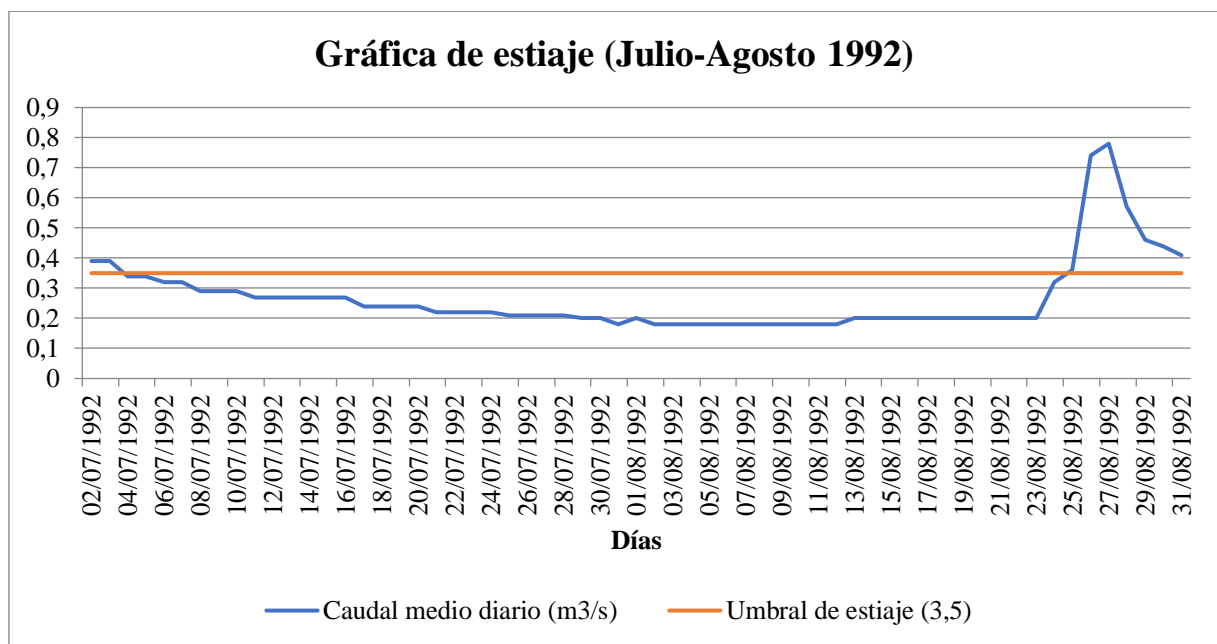


Figura 18. Gráfica de estiaje del 1992. Elaboración propia.

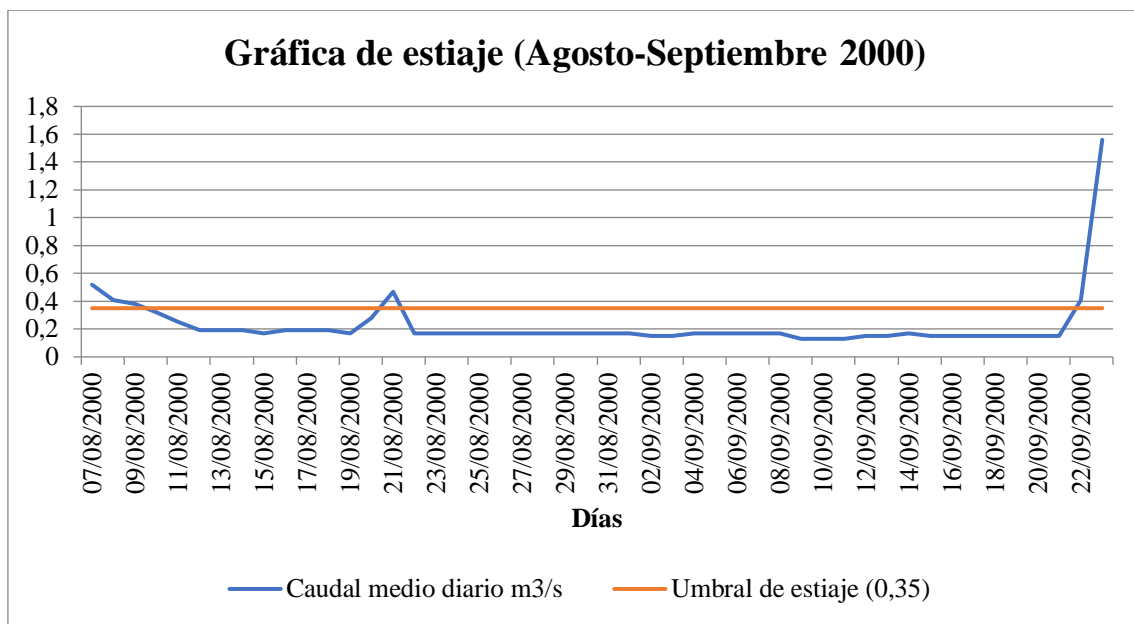


Figura 19. Gráfica de estiaje del 2000. Elaboración propia.

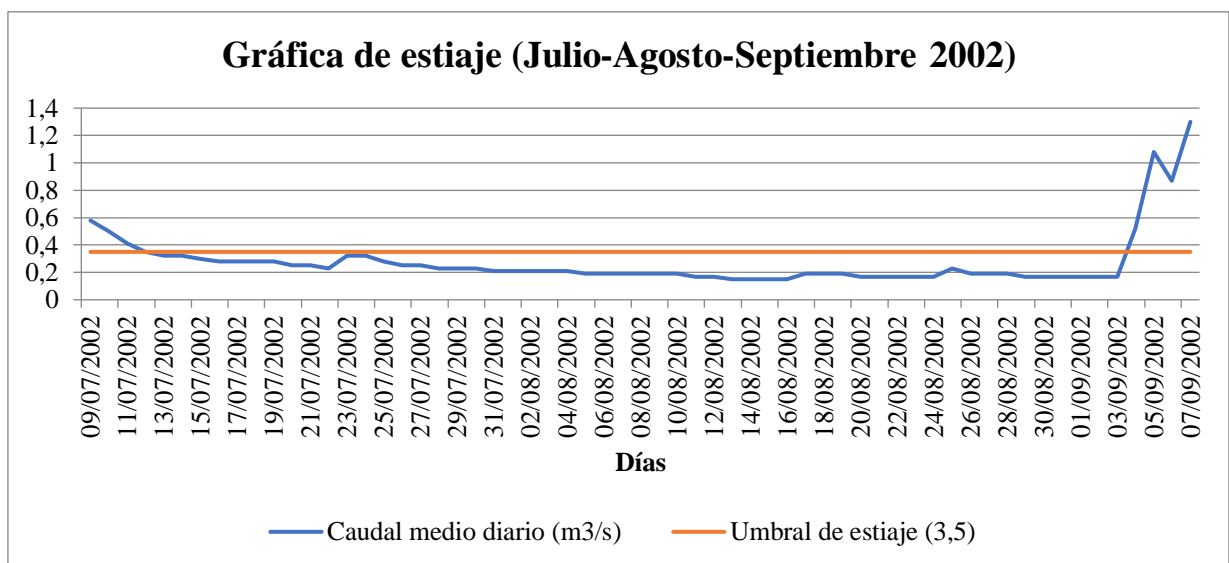


Figura 20. Gráfica de estiaje del 2002. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los tres ejemplos, la duración ronda los 40-50 días y se alcanzan valores mínimos por debajo de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

8. Aplicación de Índices Hidrogeomorfológicos

Una vez conocido el territorio en el que se enmarca la cuenca, es necesario aplicar una serie de índices y protocolos para conocer la calidad ecológica e hidrogeomorfológica del río en cuestión. Para ello, se han seleccionado dos índices, los cuales comparten este objetivo común, pero que aplican diferentes técnicas y baremaciones para lograrlo. Estos índices son el Índice de Calidad Hidrogeomorfológica (IHG), propuesto por investigadores de la Universidad de Zaragoza y usado por la Confederación Hidrográfica del Ebro y “*The Morphological Quality Index*” (MQI), planteado por investigadores italianos y con un amplio reconocimiento internacional.

La aplicación de índices de esta índole viene reforzada por la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), que establece en el Anexo V los indicadores de calidad para la clasificación de las masas de agua según su estado ecológico, entre los que se encuentran los indicadores hidromorfológicos.

Así pues, el estudio de estos índices y la comparativa de sus resultados nos ofrecerá una visión integrada de los aspectos ecológicos del río Vero, siempre focalizado en proponer el mejor emplazamiento para la Reserva Natural Fluvial.

8.1. Índice de Calidad Hidrogeomorfológica (IHG)

Este índice está focalizado, de acuerdo con sus autores (Ollero et al., 2007), en solucionar o reducir los problemas ambientales de los sistemas fluviales para mejorar y conservar su funcionalidad y naturalidad, así como reivindicar sus valores hidrogeomorfológicos, aspecto no siempre tenido en cuenta por otros índices. Este índice se articula en torno a tres grandes ejes:

1. La calidad funcional del sistema: medida por la naturalidad del caudal en lo referido su movilidad, tanto hidrológico como sedimentario. En este bloque se valora la materia y la energía del sistema, y su resultado final se obtiene tras la valoración de tres parámetros: la naturalidad del régimen de caudal, la disponibilidad y movilidad de los sedimentos y la funcionalidad de la llanura de inundación.
2. La calidad del cauce: este segundo bloque evalúa el cauce como elemento clave del sistema fluvial natural, entendido como una geomorfología propia construida por el río. Su cálculo se articula en torno a una perspectiva tridimensional (longitudinal, transversal y vertical) por lo que su valoración se obtiene a partir de

la suma de tres parámetros: la naturalidad del trazado y de la morfología de planta, la continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales y la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral.

3. La calidad de las riberas: por último, se valora la funcionalidad del corredor ribereño, entendida como el filtro regulador de los procesos fluviales (corriente, sedimentación...). La calidad de las riberas se obtiene gracias a la suma de tres parámetros: la continuidad longitudinal del corredor ribereño, la anchura del mismo y su calidad intrínseca, definida por su estructura, por su naturalidad y por la conectividad entre sus distintos ambientes.

Cada uno de estos tres parámetros se evalúa de 0 a 30 y cuya valoración individual se traduce en lo siguiente:

- De 25 a 30 puntos calidad hidrogeomorfológica muy buena.
- De 20 a 24 puntos calidad hidrogeomorfológica buena.
- De 14 a 19 puntos calidad hidrogeomorfológica moderada.
- De 7 a 13 puntos calidad hidrogeomorfológica deficiente.
- De 0 a 6 puntos calidad hidrogeomorfológica muy mala.

Del mismo modo, la valoración final también se realiza sobre las mismas acepciones:

- De 75 a 90 puntos calidad hidrogeomorfológica muy buena.
- De 60 a 74 puntos calidad hidrogeomorfológica buena.
- De 42 a 59 puntos calidad hidrogeomorfológica moderada.
- De 21 a 41 puntos calidad hidrogeomorfológica deficiente.
- De 0 a 20 puntos calidad hidrogeomorfológica muy mala.

Por otro lado, para una correcta aplicación del índice es necesario, en primer lugar, de un trabajo de gabinete, en el que sobre todo se trabaje sobre fotos aéreas, visores y bibliografía para averiguar el estado de general de todos los aspectos recogidos en el índice, para finalmente poder observar y analizar todas aquellas cuestiones en campo, fundamentalmente todas aquellas que generen dudas. Antes de aplicar el índice, es conveniente dividir el sistema fluvial en segmentos si se habla de una masa de agua muy grande, ya sea de forma predeterminada o por el equipo evaluador. En nuestro caso, se ha decidido dividir el curso fluvial del Vero en cinco tramos. Esta división no es azarosa,

sino que se adapta a las características del índice para su aplicación en tramos con características comunes.

Antes de aplicar el índice, se van a exponer una serie de aspectos básicos del protocolo para caracterizar estos tramos:

| | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 | Tramo 5 |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| Nombre | Nacimiento – Santa María de la Nuez | Santa María de la Nuez – Almazorre | Almazorre – Lecina (camping) | Lecina (camping) – Alquézar | Alquézar – Desembocadura |
| Coordenadas inicio | 42°22'42.60" N | 42°18'5.13" N | 42°15'11.88" N | 42°13'41.31" N | 42° 9'29.24" N |
| | 0° 0'47.45" E | 0° 2'23.99" E | 0° 3'33.65" E | 0° 2'52.45" E | 0° 1'36.23" E |
| Estilo fluvial | Valle fluvial | Valle fluvial | Valle fluvial | Valle fluvial | Valle fluvial |
| Carácter hidrológico | Semipermanente | Semipermanente | Semipermanente | Permanente | Permanente |
| Régimen estacional de caudal | Pluvial | Pluvial | Pluvial | Pluvial | Pluvial |
| Longitud del tramo (km) | 10,83 | 7,97 | 3,6 | 9,55 | 28,95 |
| Longitud en línea recta (km) | 9,95 | 5,74 | 2,98 | 8,06 | 21,13 |
| Sinuosidad¹ | 1,09 (R) | 1,39 (M) | 1,21 (S) | 1,18 (S) | 1,37 (M) |
| Sustrato | Aluvial | Aluvial | Aluvial | Aluvial | Aluvial |
| Formas de relieve en el lecho | Abundantes barras de gravas | Abundantes barras de gravas | Abundantes barras de gravas | Formaciones kársticas | Barras eventuales, zonas de rápidos y pozas |

Tabla 11. Aspectos básicos del protocolo de cada tramo. Elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados del índice para cada tramo (las fichas se encuentran en el Anexo).

8.1.1. Tramo 1: Nacimiento – Santa María de la Nuez

Este primer tramo de cabecera presenta un cauce sobre gravas, el cual discurre por el valle de una forma bastante natural y con un caudal intermitente. Aplicando el índice, ha

¹ La sinuosidad se clasifica según el Índice de Sinuosidad: < 1,1 = recto; 1,1 - 1,3 = sinuoso; > 1,3 = meandriforme.

obtenido una puntuación de 73 sobre 90, lo que lo clasifica con una valoración “buena”, muy cerca de obtener la máxima puntuación.

- Calidad funcional del sistema (26/30): este resultado sugiere una gran naturalidad del caudal, ya que apenas presenta intervenciones antrópicas que lo limiten (acequias, embalses...) más allá de pequeños puentes o vados (se han observado 5 en total) que limitan la movilidad de sedimentos, pero de una manera muy leve. Además, la llanura de inundación no presenta unos impedimentos antrópicos graves, como podrían serlo escolleras o edificaciones, cuyos únicos condicionantes son un camino y una carretera que discurren paralelas al río, aunque sin ejercer una excesiva presión sobre él.
- Calidad del cauce (26/30): en lo que se refiere al cauce, transcurre con una naturalidad muy alta, sobre todo en su cabecera. No se observan azudes ni defensas importantes, y su continuidad solo se ve alterada por los pequeños puentes anteriormente nombrados y por pequeñas incisiones provocadas por vehículos, probablemente con fines agrícolas. Las vías de comunicaciones que presenta la zona serían otro elemento a tener en cuenta, si bien apenas se acercan al cauce en contadas ocasiones. También hay que destacar la cantidad de barras de gravas que se observan, formando formas geomorfológicas aparentemente inalteradas.



Figura 21. Río Vero a su paso por el primer tramo. Fuente: Diego López.

- Calidad de las riberas (21/30): las riberas es un punto más débil del tramo, si bien se encuentran en un estado ecológico aceptable. El principal inconveniente que

presentan viene derivado por la actividad agrícola de la zona, ya que en algunas zonas la vegetación natural se sustituye por cultivos (se han observado bastantes olivos) o por terrenos agrícolas sin cultivar, además de las vías de comunicaciones anteriormente citadas. También se aprecian pequeñas edificaciones agrícolas en el final del tramo, pero sin llegar a tener una continuidad. Estos elementos interfieren en la continuidad longitudinal de las riberas, aunque también en su transversalidad. Por otro lado, no se observan especies invasoras en este tramo.



Figura 22. Cultivos junto a la vegetación de ribera. Fuente: Diego López.

8.1.2. Tramo 2: Santa María de la Nuez – Almazorre

Este tramo ha obtenido una valoración de 82 sobre 90, lo que le otorga una catalogación de calidad hidrogeomorfológica “muy buena”. Esta puntuación es consecuencia de la naturalidad del río en esta parte, donde destaca por encajarse en el valle de una manera muy pronunciada, además de ser objeto de aportes procedentes de los múltiples barrancos que lo drenan. Además, la presencia de caudal se intensifica con el paso de los kilómetros.

- Calidad funcional del sistema (28/30): el caudal se intuye natural y no es interrumpido por actuaciones antrópicas como puentes, motas o azudes. La llanura de inundación se encuentra necesariamente encajonada en el barranco, lo que no altera su dinámica natural. Lo único que interfiere en este sentido es la presencia de cultivos esporádicos en la margen derecha y un edificio en la margen izquierda.



Figura 23. Cauce de gravas del río Vero a su paso por el Molino de Almazorre. Fuente: Diego López.

- Calidad del cauce (28/30): el cauce presenta una disposición casi totalmente natural, tanto en lo referido a su trazado y planta, la continuidad del lecho y la naturalidad de los márgenes. La ausencia de infraestructuras lo beneficia en este sentido, más allá de pequeños caminos y vías que no influyen en su comportamiento. De forma puntual, se aprecian actuaciones humanas en el lecho, como en el tramo anterior, derivadas del paso de vehículos por el cauce, pero sin influir significativamente.



Figura 24. Formas geomorfológicas en el lecho. Fuente: Diego López.

- Calidad de las riberas (25/30): como el resto de los parámetros, las riberas también se encuentran en un estado bastante óptimo. Solo se ven alteradas por la presencia de los cultivos y pequeños caminos, aunque estos no suponen una gran parte porcentual de las mismas. Se observa una ribera naturalizada, que no ha perdido porte en los últimos años y que, aparentemente, no tiene presencia de especies invasoras.

8.1.3. Tramo 3: Almazorre – Lecina (camping)

Este tramo discurre entre la localidad de Almazorre hasta la zona del camping de Lecina, donde el río vuelve a abrirse y cuyo espacio ya no se ve tan limitado por la propia pendiente del valle. Este tramo destaca por el aumento de la presencia de cultivos a ambos márgenes del río y por la aparición de actuaciones antrópicas en el cauce, por lo que su valoración total ha sido de 60 sobre 90, catalogada como “buena”, pero al límite de bajar al rango de “moderada”.

- Calidad funcional del sistema (24/30): en este apartado, hay que destacar que el caudal no presenta barreras aparentes que frenen su dinámica natural, más allá de un puente construido como acceso al camping. La llanura de inundación se ve influenciada por los cultivos y las vías de comunicación, ya que ejercen cierta presión sobre el caudal, mientras que se observan ciertas irregularidades no naturales en el lecho que dificultarían la movilidad de los sedimentos.



Figura 25. Cauce de gravas con vegetación y puente junto al camping. Fuente: Diego López.

- Calidad del cauce (17/30): la calidad del propio cauce viene marcada por la presión que ejercen los cultivos y el camping de manera indirecta, ya que requieren de la presencia de caminos y pistas como ejes de comunicación y, en el

caso del camping, se nota la influencia de las actividades de ocio sobre el propio cauce. Pese a ello, estos impactos no son importantes en todo el recorrido, ya que no se aprecian azudes u otros elementos por el estilo y solo hay un puente en todo este tramo.

- Calidad de las riberas (19/30): como se ha comentado anteriormente, la presencia de la ribera viene marcada por esta importante presencia de zonas agrícolas, si bien mantiene una buena continuidad longitudinal, se aprecia que no se aprovecha todo el corredor ribereño. Además, no se observa disminución ni del porte ni de la cantidad de vegetación natural en los últimos años, ni presencia de especies invasoras.

8.1.4. Tramo 4: Lecina (camping) – Alquézar

En este tramo, el río se asienta sobre un cañón calcáreo, por donde discurre combinando zonas de rápidos y pozas con otras con presencia predominante de gravas. En la mayoría del sector presenta un tramo sinuoso y con grandes paredes verticales, en las que destacan formaciones kársticas propias del ambiente de calizas eocenas, como por ejemplo abrigos o pequeñas oquedades en la roca, formados por contrastes térmicos y de humedad. El resultado según el IHG es de 77 sobre 90, lo que muestra a las claras la calidad ecológica e hidrogeomorfológica del tramo. Hay que destacar que, por su propio carácter abarrancado, ha sido muy difícil diferenciar elementos en foto aérea, por lo que el trabajo de campo ha sido fundamental en esta zona.



Figura 26. Cueva Picamartillo. Fuente: Diego López.

- Calidad funcional del sistema (25/30): el caudal transcurre por este tramo de una manera natural, solo alterado por una serie de azudes y puentes que movilizan sedimentos. También se intuyen dos acequias al inicio del tramo que podrían movilizar parte del caudal, pero ni mucho menos reducirlo significativamente. Por lo demás, la llanura de inundación se encuentra claramente limitada por el barranco, pero sí que se podría ver alterada artificialmente por edificios puntuales como la antigua Central Hidroeléctrica de Alquézar.

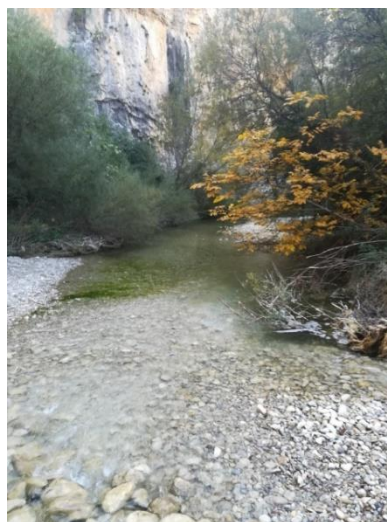


Figura 27. Río Vero a su paso por Alquézar. Fuente: Diego López.



Figura 28. Puente de Fuendebaños. Fuente: Diego López.

- Calidad del cauce (27/30): el cauce del río en este tramo apenas se encuentra alterado, sobre todo al no tener presión agrícola sobre él. Se observa la presencia de un azud mayor a 10 metros que sí que modifica la continuidad longitudinal y la presencia esporádica de madera muerta sobre el lecho. También existe la presencia de unas pasarelas sobre parte de este tramo pero que se encuentran situadas a una distancia prudencial del cauce.



Figura 29. Azud del Vero a su paso por Alquézar. Fuente: Diego López.

- Calidad de las riberas (25/30): como en todo lo anterior, las riberas se encuentran enmarcadas dentro de los barrancos, por lo que existe una barrera natural que las condiciona. El único aspecto reseñable en este sentido es la presencia de caminos y rutas senderistas y la presencia de edificios puntuales que impiden su máximo

desarrollo. Destacar que, observando fotos aéreas antiguas, se observa una disminución de la vegetación de ribera con el paso de los años, fruto probablemente de un mayor impacto turístico y recreativo. También es reseñable que, pese a que no se recogía en la bibliografía ni se observaba en foto aérea, en campo se observó un brote bastante importante de especies invasoras, concretamente de Caña común (*Arundo donax*).



Figura 30. Formación de Caña común (*Arundo donax*) junto al cauce. Fuente: Diego López.

8.1.5. Tramo 5: Alquézar – Desembocadura

Este tramo se inicia aguas abajo de Alquézar y discurre hasta su desembocadura en el Cinca, pocos kilómetros después de pasar por Barbastro. Destaca, en primer lugar, por un descenso de la pendiente a salvar, aspecto típico de este tipo de tramos cercanos a su final. Se caracteriza por un fuerte impacto de las zonas agrícolas durante todo el tramo, aunque la ribera se muestra continua por todo el sector. Ha obtenido una valoración de 56 puntos, lo que sitúa a este tramo en una calidad hidrogeomorfológica “moderada”. Hay que señalar que este tramo se corresponde con el analizado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (2010), por lo que hay una buena base bibliográfica sobre la cual trabajar y contrastar percepciones. Los resultados han sido muy parecidos y, ante situaciones de duda, se han tomado como referencia.

- Calidad funcional del sistema (20/30): en este último tramo, tampoco se aprecian embalses u otros elementos de retención de agua y se observa una buena conexión entre su red de barrancos. En este sentido, los aportes hídricos se ven aumentados por el paso del Canal del Cinca, que deriva caudal sobrante hacia el Vero. La llanura de inundación es continua, excepto en la parte canalizada en Barbastro. En líneas generales, se observa un cauce amplio con abundancia de materiales, aunque en determinadas zonas tiende a encajarse.



Figura 31. Aporte del canal del Cinca en el tramo canalizado de Barbastro. Fuente: Diego López.

- Calidad del cauce (19/30): el cauce mantiene un trazado sin alteraciones importantes, excepto en determinadas zonas a su paso por municipios, donde el río se canaliza y se estabiliza su trazado (Barbastro). Esto tiene influencia no solo en los márgenes, sino que también en el propio lecho. En otras partes del tramo, se observa la presencia de varios azudes que suponen una ruptura longitudinal, así como la presencia de pistas de uso forestal. También se aprecian diversos puentes y vados durante el recorrido, pero sin superar el umbral de 1 por cada kilómetro.



Figura 32. Tramo del Vero canalizado en Barbastro. Fuente: Diego López.

- Calidad de las riberas (17/30): el corredor ribereño en este tramo se mantiene estable y continuo, pero hay que destacar la influencia que ejercen los cultivos, la zona urbana de Barbastro y las pistas y caminos senderistas sobre la amplitud de las mismas. Además, existen corredores de cierta relevancia en los márgenes del río, ocupando parte del desarrollo potencial de la ribera. No se aprecian alteraciones en la naturalidad de las especies vegetales.

En definitiva, la aplicación de este índice ha mostrado una visión global del mismo y cuyos resultados son muy interesantes a la hora de tomar decisiones de carácter territorial. Nos encontramos ante un río con unas características muy particulares y diferentes según los tramos. En su cabecera, destaca por un cauce de gravas que traza un recorrido sinuoso con unas formas geomorfológicas en el lecho muy interesantes, atravesando un barranco calcáreo, hasta salir a una zona más abierta para volverse a encajar y formar impresionantes relieves kársticos. Finalmente, el río transcurre tranquilo atravesando cultivos y varios municipios hasta su desembocadura en el Cinca.

Para una mejor representación, se ha realizado una sencilla cartografía teniendo en cuenta las diferentes valoraciones según el IHG que ha obtenido el río.

VALORACIÓN SEGÚN EL ÍNDICE DE CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA (IHG)

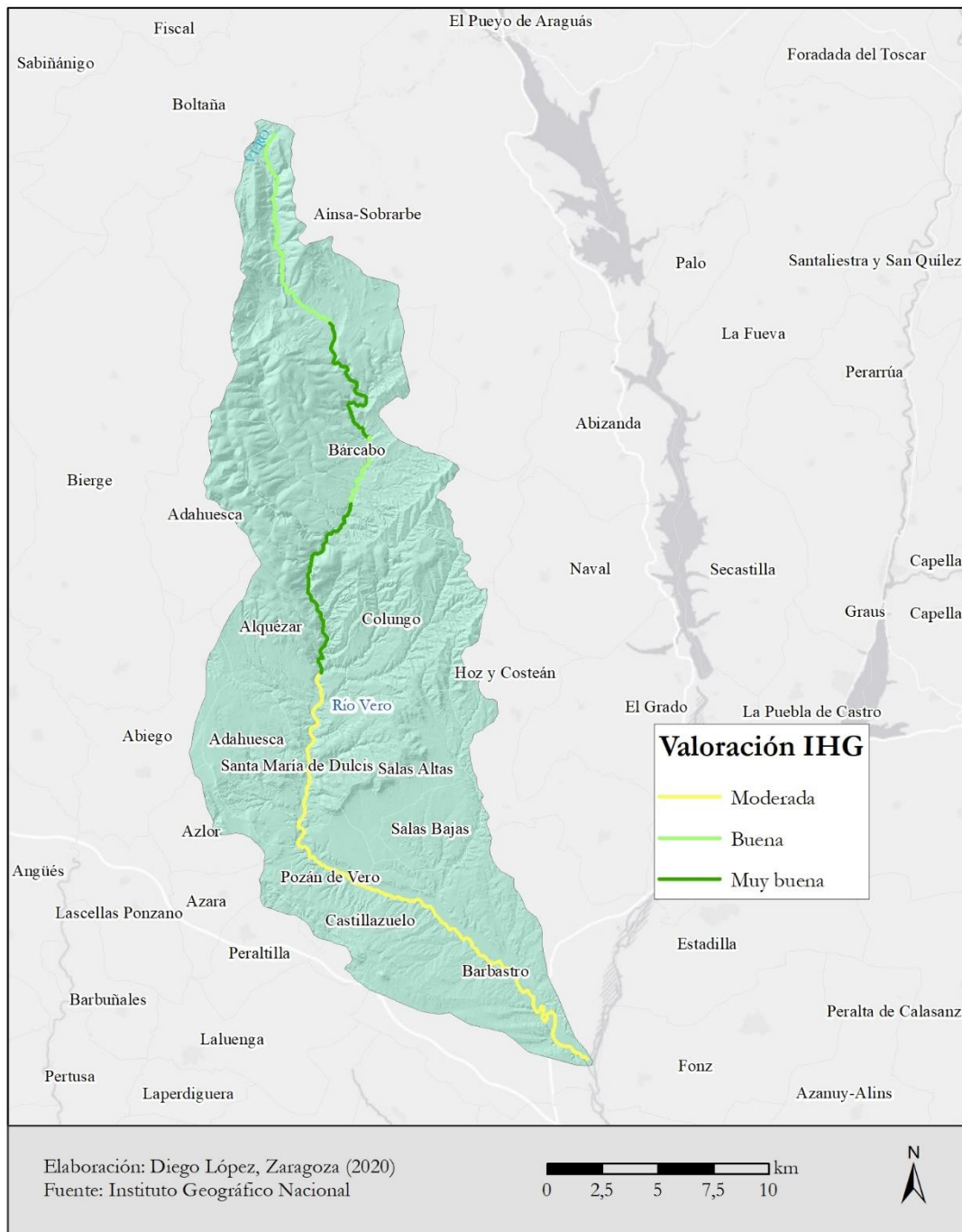


Figura 33. Mapa de la valoración obtenida según el IHG. Elaboración propia.

8.2. The Morphological Quality Index (MQI)

Esta clasificación de los cursos fluviales también se basa en las necesidades expuestas en la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) y estuvo basada en la guía “*El Sistema di Valutazione Morfologica dei corsi d’acqua*” (Rinaldi et al., 2010) y finalmente desarrollada en “*Guidebook for the evaluation os stream morphological conditions by the Morphological Quality Index*” (Reinaldi et al., 2012). Establece tres componentes de análisis en los cursos fluviales:

- Funcionalidad geomorfológica (equilibrio dinámico).
- Ausencia de artificialidad.
- Ausencia de variaciones significativas en la forma, dimensiones y lecho en los últimos 50-100 años, que sería síntoma de cambios producidos hace unos años.

En total, se valoran 28 indicadores (se usarán los tramos definidos anteriormente) pero, antes de ello, hay que definir cada tramo según si es confinado o no confinado, ya que depende de su categoría se tendrán en cuenta unos indicadores u otros (en ocasiones también se distingue según su morfología de planta). Los autores plantean el estadio intermedio de parcialmente confinado, pero en este estudio no se va a tener en cuenta con el objetivo de una mayor simplificación de los resultados.

| | Nombre | Tipo de curso |
|----------------|-------------------------------------|-------------------|
| Tramo 1 | Nacimiento - Santa María de la Nuez | No confinado (NC) |
| Tramo 2 | Santa María de la Nuez - Almazorre | Confinado (C) |
| Tramo 3 | Almazorre - Lecina (camping) | No confinado (NC) |
| Tramo 4 | Lecina (camping) - Alquézar | Confinado (C) |
| Tramo 5 | Alquézar - Desembocadura | No confinado (NC) |

Tabla 12. Clasificación inicial para aplicar el MQI. Elaboración propia.

La puntuación se divide en A (máxima puntuación, menor impacto), B (puntuación intermedia) y C (puntuación más baja, mayor impacto). Con estos datos, se haya el Índice de Alteración Morfológica (MAI), cuyo resultado se descubre con la siguiente fórmula:

$$\text{MAI} = \text{Stot} / \text{Smax}$$

“Stot” sería el máximo número de puntos a los que opta cada tipología de tramo y “Smax” sería la puntuación obtenida por el tramo. A partir del MAI, se puede hallar el MQI:

$$\text{MQI} = 1 - \text{MAI}$$

Así pues, este índice establece cinco intervalos de calidad hidromorfológica en función de la puntuación obtenida por el MQI:

| Calidad | Puntuación |
|-----------|------------|
| Muy buena | > 0,85 |
| Buena | 0,7 - 0,85 |
| Moderada | 0,5 - 0,7 |
| Pobre | 0,3 - 0,5 |
| Muy pobre | <0,3 |

Tabla 13. Intervalos de calidad para la clasificación del MQI. Elaboración propia.

Una vez aclarada la metodología para su aplicación, se exponen los resultados obtenidos para cada tramo en la siguiente tabla:

| | | Código | Indicador | Tipología | Tramo 1 (NC) | Tramo 2 (C) | Tramo 3 (NC) | Tramo 4 (C) | Tramo 5 (NC) |
|-------------------|--|--------|--|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| FUNCIONALIDAD | Continuidad | F1 | Continuidad longitudinal en el flujo de sedimentos y material leñoso | Todas | A | A | A | A | B |
| | | F2 | Presencia de llanura inundable | No confinados | A | | A | | A |
| | | F3 | Conexión de las laderas con el curso de agua | Confinados | | A | | A | |
| | | F4 | Procesos de retroceso y erosión de las márgenes | No confinados | A | | A | | B |
| | | F5 | Presencia de una capa potencialmente erosionable | No confinados | B | | A | | B |
| | Morfología | F6 | Morfología del fondo de valle y pendiente | Confinados | | A | | B | |
| | | F7 | Forma y proceso típico de la configuración morfológica | No confinados | A | | A | | A |
| | | F8 | Formas típicas de la llanura | No confinados | A | | A | | A |
| | | F9 | Variabilidad de la sección | No confinados | A | | A | | A |
| | | F10 | Estructura del fondo del cauce | Confinados | | A | | B | |
| | | F11 | Presencia de materiales leñosos de gran tamaño | Todas | A | A | B | B | A |
| | Vegetación de ribera | F12 | Anchura de las formaciones presentes en el radio de acción perifluvial | Todas | B | A | B | B | C |
| | | F13 | Extensión lineal de las formaciones a lo largo de las márgenes | Todas | A | A | A | A | B |
| ARTIFICIALIDAD | Alteración de la continuidad longitudinal aguas arriba | A1 | Obras de alteración del caudal líquido | Todas | A | A | A | A | A |
| | | A2 | Obras de alteración del caudal sólido | Todas | A | A | A | A | B |
| | Alteración de la continuidad longitudinal del tramo | A3 | Obras de alteración del caudal líquido | Todas | A | A | A | A | B |
| | | A4 | Obras de alteración del caudal sólido | Todas | A | A | A | B | B |
| | | A5 | Obras transversales | Todas | A | A | A | B | B |
| | Alteración de la continuidad lateral | A6 | Defensas de margen | Todas | A | A | A | A | B |
| | | A7 | Diques | No confinados | A | | A | | A |
| | Alteración de la morfología del lecho y/o del sustrato | A8 | Variación artificial del trazado | No confinados | A | | A | | B |
| | | A9 | Otras obras de consolidación y/o alteración del sustrato | Todas | A | A | A | A | A |
| | Intervenciones de mantenimiento y retirada | A10 | Retirada de sedimentos | Confinados | | A | | A | |
| | | A11 | Retirada del material leñoso | Todas | A | A | A | A | A |
| | | A12 | Tala de la vegetación de ribera | Todas | B | B | B | A | B |
| AJUSTES DEL CAUCE | | CAI1 | Variación de la configuración morfológica | Todas* | A | A | A | A | A |
| | | CAI2 | Variación de la anchura | Todas* | A | A | A | A | A |
| | | CAI3 | Variación de la altura | Todas* | A | A | A | A | A |
| | | | *: se realiza una clasificación diferente para ambas tipologías | | | | | | |

Tabla 14. Resultados de la aplicación del MQI en los diferentes tramos. Elaboración propia.

Con esta información, ya se pueden hallar los resultados que se expresan en la siguiente tabla:

| | Tramo 1 | Tramo 2 | Tramo 3 | Tramo 4 | Tramo 5 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Puntuación | 3 | 1 | 3 | 6 | 13 |
| Puntuación máx. | 48 | 40 | 48 | 40 | 48 |
| MAI | 0,06 | 0,03 | 0,06 | 0,15 | 0,27 |
| MQI | 0,94 | 0,98 | 0,94 | 0,85 | 0,73 |
| Clasificación | Muy buena | Muy buena | Muy buena | Muy buena | Buena |

Tabla 15. Clasificación de los tramos según el MQI. Elaboración propia.

Como cabría esperar, los resultados son muy positivos, especialmente en los cuatro primeros tramos. Los impactos y las cuestiones generales ya se han explicado anteriormente en el otro índice, pero, en líneas generales, existen pocos impactos para restar calidad según este índice. Estos resultados muestran a las claras la alta naturalidad del río Vero que, exceptuando alguna actuación puntual, se presenta muy poco alterado en la mayoría de su recorrido. También hay que destacar que estos buenos resultados se ven influidos positivamente por la división categórica en tres estados que establecen los autores, ya que en alguna ocasión existían impactos y alteraciones, pero no suficientes como para rebajar el rango de puntuación.

9. Valoración social

La valoración social es muy importante a la hora de que las actuaciones propuestas tengan éxito dentro de la población (Cañedo et al., 2020). Para ello, en la mayoría de los proyectos oficiales, se abre un proceso de participación pública, donde los ciudadanos pueden expresarse libremente, tanto en calidad individual como en representación de algún ente u organización. Para este trabajo, debido a la situación social actual, se ha decidido no incluir la valoración social en la caracterización de la cuenca ni como un elemento para determinar la RNF, pero siendo conscientes de importancia que tiene, se ha decidido incluir una serie de pautas o ejes para una futura continuación del estudio. Por ello, se señalan a continuación una serie de aspectos que serían muy interesantes para realizar en un futuro:

- Encuestas a la población: conocer la percepción de la población sería un aspecto muy enriquecedor y aseguraría el éxito social de las propuestas de este y de cualquier proyecto relacionado. La encuesta debería realizarse a habitantes de los municipios de la cuenca, intentando siempre mantener un número proporcional y que la mayoría de los municipios estuvieran representados. Además, también sería enriquecedor mantener un equilibrio entre sexos y edades, ya que los resultados pueden variar en función al tipo de persona que se le pregunte. Con 100-120 muestras sería suficiente. Se debería preguntar cuestiones acerca la percepción al río, cómo es de importante para sus vidas, qué aspectos mejorarían, qué estarían dispuestas a hacer o dejar de hacer para que la calidad del río mejore...
- Entrevistas a agentes sociales: recoger la opinión de las personas que gestionan el territorio es otro aspecto muy importante para entender el estado actual del mismo y para conocer sus planes de futuro. Para ello, realizar entrevistas a los alcaldes o representantes municipales de los municipios de la cuenca sería fundamental, sin olvidarse de los presidentes u otros encargados de asociaciones con presencia en el territorio (como podría ser, por ejemplo, con representantes del Parque Cultural Río Vero). Esta visión “realista” del territorio mostraría, probablemente, una situación diferente a la extraída por los habitantes, cuya comparación sería del eje sobre el cual plantear actuaciones.
- Entrevistas a agentes privados: el río Vero es un eje vertebrador del territorio cuya influencia trasciende hasta ser el foco de la vida social y laboral de muchas personas. Por esto, conocer la opinión de diferentes empresas que ejercen su

actividad gracias al río sería muy interesante. Empresas de deporte de aventura, agricultores... conformarían un grupo cuya opinión sería muy importante para que las actuaciones estén también enfocadas a asegurar la permanencia de empresas que revitalizan el territorio.

Toda esta información ayudaría a complementar, sin duda alguna, la extraída por la caracterización hidrogeomorfológica para que la toma de decisiones sea todavía más precisa y con una alta aceptación ciudadana.

10.Propuesta de implantación de una Reserva Natural Fluvial

Como ya se ha mencionado anteriormente, una Reserva Natural Fluvial es una figura de protección cuyo objetivo principal es preservar las características ecológicas de un río. Las RNFs se declaran en virtud de unas características muy particulares o por su importancia hidrológica, que demandan una catalogación especial para conservar su estado natural. Esto se debe traducir en un buen estado de las aguas y en un buen estado de sus características hidrogeomorfológicas, y deben considerarse como un entorno fluvial con una relevancia especial por sus singularidades o por contener morfologías particulares.

La declaración de RNFs para cada una de las confederaciones hidrográficas responde también a la creación una red que incluya los tramos fluviales mejor conservados, que sea representativa de los diferentes tipos de ríos de España y que pueda servir de referencia para conseguir objetivos de buen estado para cada uno de ellos.

Otro aspecto que destacar es que las RNFs son figuras de conservación complementarias a otras ya existentes, como podrían ser espacios naturales protegidos, ya que están ligadas al dominio público hidráulico, cuya gestión compete al Estado en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias y a las Comunidades Autónomas en las intracomunitarias.

10.1. Marco jurídico

La Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional creó la figura de “reservas hidrológicas por motivos ambientales”, concepto más global que el de RNF, en el que se incluirían ríos, acuíferos y otras masas de agua. Dentro de esta ley, el artículo 25 establece que el objetivo principal de estas reservas hidrológicas es de “la protección y conservación de los bienes de dominio público hidráulico que, por sus especiales características o su importancia hidrológica, merezcan una especial protección”. Además, se recalca que “podrá implicar la prohibición de otorgar autorizaciones o concesiones sobre el bien reservado” y obligan a incorporarlos a los planes hidrológicos, lo que limita sus sistemas de explotación. La competencia recae en el Estado para las demarcaciones intercomunitarias y a las Comunidades Autónomas en las demarcaciones intracomunitarias.

Más adelante, la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, introdujo una modificación en su punto 42, mencionando ya las Reservas Naturales Fluviales. Se señala que todos los Planes

Hidrológicos deben incluir “las RNFs, con la finalidad de preservar, sin alteraciones, aquellos tramos de ríos con escasa o nula intervención humana. Estas reservas se circunscribirán estrictamente a los bienes de dominio público hidráulico”.

El Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007, de 6 de julio), en su artículo 22, amplió lo anteriormente mencionado estableciendo para las RNFs sus objetivos, órganos competentes... así como los requisitos y criterios que deben tener estas masas de agua para ser declaradas como tal. Pese a esto, este artículo no aclaró del todo la manera de identificar las reservas en cada demarcación hidrográfica, por lo que se antojó necesario el crear un marco normativo más cercano a la realidad que regulara los aspectos básicos de las RNFs, como son los criterios para su establecimiento, el procedimiento de declaración, su régimen de protección, herramientas de gestión...

El primer paso para lograr esta cuestión se dio el 20 de noviembre de 2015, tras un acuerdo del Consejo de Ministros, el cual declaró 82 RNFs en las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias, cuyo estado ecológico se califica de muy bueno. Finalmente, el 29 de diciembre de 2016 se publicó en el Boletín Oficial del Estado el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 de 11 de abril), el Reglamento de Planificación Hidrológica (Real Decreto 907/2007 de 6 de julio) y otra serie de reglamentos relacionados con la gestión de las masas de agua, creando así uno nuevo denominado Reglamento del Dominio Público Hidráulico que regula las reservas hidrológicas y, por lo tanto, las RNFs.

10.2. Procedimiento para la declaración de una Reserva Natural Fluvial

Como no puede ser de otra manera, para que un río o un tramo de río sea declarado RNF tiene que cumplir una serie de requisitos y pasar ciertos trámites. En primer lugar, hay que recalcar que las RNF están dentro de las denominadas “Reservas hidrológicas”, en la que se incluye también las Reservas Naturales Lacustres y Reservas Naturales Subterráneas.

Para conocer que lugares son potencialmente declarables, el Real Decreto anteriormente nombrado dice lo siguiente:

*“a) En cuanto **al estado**, se podrán declarar como reserva hidrológica aquéllas que estando en **muy buen estado o buen estado**, tengan una relevancia especial, bien por su singularidad, **representatividad** de las distintas categorías o tipos de masas de agua, o por ser consideradas como **sitios de referencia** de la Directiva Marco del Agua (DMA).*

*b) En cuanto a las **características hidromorfológicas**, se podrán declarar como reserva hidrológica aquéllas que sean representativas de las distintas hidromorfologías existentes.”*

El procedimiento a seguir está estipulado en el nuevo Reglamento y se ofrece la flexibilidad de crear nuevas reservas al margen de la elaboración de planes hidrológicos. Otro aspecto importante son las medidas de protección de estas reservas, las cuales también vienen especificadas en el Real Decreto:

“a) No se otorgarán nuevas concesiones ni se autorizarán actividades o declaraciones responsables sobre el dominio público hidráulico que pongan en riesgo el mantenimiento del estado de naturalidad y las características hidromorfológicas que motivaron la declaración de cada reserva hidrológica. Queda exceptuada de esta limitación el aprovechamiento de las aguas para abastecimiento urbano cuando no existan otras alternativas viables de suministro; en cuyo caso, se atenderá para cada situación específica, a su debida justificación y al resultado del análisis de la repercusión ambiental que pudieren ocasionar.

b) No se autorizarán modificaciones de las concesiones o autorizaciones existentes que pongan en riesgo el mantenimiento del estado de naturalidad y las características hidromorfológicas que motivaron la declaración de cada reserva hidrológica.

c) Podrán ser objeto de revisión, de oficio, por el Organismo de cuenca, las concesiones, autorizaciones o declaraciones responsables existentes cuando la actividad o uso sobre el recurso hídrico o sobre la morfología de las reservas hidrológicas pudiere producir efectos negativos o de alto riesgo ecológico, cuando así lo indique un análisis previo de impactos y presiones.

d) Las reservas declaradas deberán ser respetadas por los instrumentos de ordenación urbanística; a tal fin, deberá solicitarse informe al Organismo de cuenca de conformidad con el artículo 25 del TRLA.”

En definitiva, lo que se busca es limitar las actividades que se realicen en el río, sobre todo las que puedan comprometer su naturalidad, y adaptar los instrumentos de ordenación urbanística a las restricciones ambientales.

Por otro lado, otro aspecto que se incluye el RD es la necesidad de establecer medidas de gestión de estos espacios, dentro de los planes hidrológicos de cuenca, en los que se

incorporen actividades de conservación y mejora de la reserva, de evaluación y seguimiento, de puesta en valor e indicadores de seguimiento.

Todo ello deriva en la creación de un Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas, cuya responsabilidad recae en el MITECO, que almacena toda la información de las reservas en una base de datos. En total, existen actualmente 135 RNF del ámbito intercomunitario y otras 54 que corresponden al ámbito intracomunitario:

| Demarcación Hidrográfica | Número de RNF | Longitud total (km) |
|---|----------------------|----------------------------|
| Cantábrico Oriental (ámbito intercomunitario) | 3 | 27,98 |
| Cantábrico Occidental | 14 | 227,82 |
| Miño Sil | 7 | 110,76 |
| Duero | 24 | 501,73 |
| Tajo | 31 | 535,27 |
| Guadiana | 6 | 282,81 |
| Guadalquivir | 7 | 244,29 |
| Segura | 8 | 184,61 |
| Júcar | 10 | 166,371 |
| Ebro | 25 | 387,53 |
| Total | 135 | 2669,17 |

Tabla 16. RNF en el ámbito intercomunitario. Elaboración propia. Fuente: MITECO.

| Demarcación Hidrográfica | Número de RNF | Longitud total (km) |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Distrito fluvial de Cataluña | 38 | 190,6 |
| Galicia Costa | 13 | 118 |
| Parte Vasca del Cantábrico Oriental | 3 | 10,8 |
| Total | 54 | 319,4 |

Tabla 17. RNF en el ámbito intracomunitario. Elaboración propia. Fuente: MITECO.

10.3. Propuesta Reserva Natural Fluvial “Río Vero”

Una vez ya conocida la situación de las RNFs, es momento de realizar la proposición de una nueva, cuya base recae en el presente estudio. En primer lugar, hay que recalcar que esta propuesta se fundamenta en las características hidrogeomorfológicas del río, y no en la propia calidad (en el sentido químico) del agua, aunque suponemos que no debería ser un problema.

El RD menciona que podrán ser catalogadas RNF aquellas masas que se encuentren en un muy buen estado o en buen estado y, según los índices aplicados en este estudio, cabría

la posibilidad de incluir al río Vero. Además, también se menciona que las masas de agua han de ser representativas del entorno en el que se encuentran, por lo que, sin duda alguna, el río Vero es uno de los máximos exponentes tanto del Parque Natural de la Sierra y Cañones de Guara como del ambiente del somontano y del prepirineo. Por otro lado, también se habla de las características hidromorfológicas como otro aspecto a tener en cuenta, el cual está más que justificado si atendemos a los propios índices o al entorno calcáreo en el que discurre el Vero. También conviene recalcar las particularidades que posee el río en los diferentes tramos, formando, en algunas zonas, un cauce de gravas con multitud de formas geomorfológicas en el lecho y, en otras, siendo el principal agente modelador de los cañones calcáreos en los que se inserta. Todo esto otorga al río Vero unas características particulares y diferentes a otros ríos que ponen de manifiesto la necesidad de protegerlo ante las actuaciones humanas.

Por lo tanto, ha quedado demostrado que el río Vero podría ser incluido perfectamente como una RNF pero, por acotar la delimitación en base a nuestros resultados, para la propuesta solo se ha decidido incluir los primeros cuatro tramos del río según nuestra división, ya que son los que han obtenido las valoraciones más altas por su naturalidad y su calidad hidrogeomorfológica, es decir, los tramos que reciben en ambos índices una valoración de “muy buena” o “buena”. La ficha de la propuesta sería la siguiente:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Nombre de la RNF | Río Vero hasta Alquézar |
| Demarcación hidrográfica | Ebro |
| Long RNF (km) | 31,95 |
| Nombre del cauce principal | Río Vero |
| COORD GEO.LAT-ini | 42° 22'42,60" N |
| COORD GEO.LAT-fin | 0° 00'47.45" E |
| COORD GEO. LONG-ini | 42° 9'29.24 N |
| COORD GEO.LONG-fin | 0° 1'36.23" E |
| NOM_CCAA | Aragón |

Tabla 18. Ficha de la propuesta de RNF en el río Vero. Elaboración propia.

PROPUESTA DE RESERVA NATURAL FLUVIAL EN EL RÍO VERO



Tabla 19. Mapa de la propuesta de RNF en el Río Vero. Elaboración propia.

Se ha podido comprobar que el río Vero es una masa de agua cuya calidad reside fundamentalmente en su naturalidad y en su situación hidrogeomorfológica, desde las zonas de cauce de gravas hasta otros tramos encajados, cuyos relieves y formas se

manifiestan de un modo evidente y que demanda una figura de protección del propio río, independientemente de otras figuras existentes en el entorno de la cuenca, con las cuales una RNF podría generar una sinergia positiva que convirtiese a esta zona una de las más naturales y con mayor calidad paisajística de Aragón.

La importancia de declarar a este tramo del río como RNF recae, por un lado, en la necesidad de conservar ecosistemas naturales en el contexto fluvial, aspecto analizado por la Directiva Marco del Agua, que demuestra que los ecosistemas fluviales son los que más se han visto afectados por la acción humana; por otro lado, nos encontramos en un tiempo de incertidumbre ante las consecuencias del cambio climático, aspecto reforzado por diferentes informes como “*Los efectos del cambio climático sobre el agua en España y la planificación hidrológica*”, presentado por Ecologistas en Acción en 2015 en París con motivo de la Cumbre de Cambio Climático, que augura un descenso del 20% de los recursos hídricos en el futuro, además de un aumento de la demanda de un 10%. Además, desde un punto de vista más global, el declarar a esta zona del río RNF ayudaría a la conservación del medio biótico (especies animales y vegetales) y abiótico (suelos, temperatura, oxígeno...) de toda la cuenca.

11. Conclusiones

Una vez realizado el trabajo, es necesario extraer una serie de conclusiones respecto al mismo. En primer lugar, un aspecto importante a destacar son los propios resultados del estudio. Este tipo de proyectos contienen un importante contenido geográfico y territorial, pero hay otros puntos de vista que también tienen relevancia (ecológico, biológico, ambientalista, jurídico, económico...) por lo que lo ideal sería realizarlo en conjunto con algún especialista de estas ramas. Pese a ello, el punto de vista integrado que ofrece la geografía es suficiente para poder comprobar *grosso modo* que los resultados obtenidos son acordes al valor ecológico de la zona y equivalentes a otros lugares con características similares.

Otro aspecto que considero interesante recalcar, aprovechando la formación personal como docente, es la potencialidad que tiene la geografía para tratar aspectos ambientales. En el ámbito profesional, está más que asentada la figura del geógrafo como parte fundamental de cualquier cuestión ambiental, aspecto que no se ve reflejado en la percepción social de la geografía debido a la educación geográfica que se recibe. Esta cuestión fue estudiada personalmente en otro Trabajo Final de Máster llamado *“La Geografía como paradigma en la Educación para el Desarrollo Sostenible: la importancia del concepto de medio ambiente”* en el que se cuestiona la forma tradicional de transmitir la geografía en la educación secundaria. En el caso de los ríos, los contenidos que se transmiten son fundamentalmente descriptivos, asociados a su localización, lo que es, a mi opinión, una manera de infravalorar la importancia de los ríos (y cualquier otro elemento ambiental) en el sistema educativo. Todo ello se trasmite hacia la visión de la sociedad que, rara vez, se convierte en una conciencia ambiental, fundamental en el contexto actual. Esta es una de las cuestiones que hace más valioso el establecer una red de Reservas Naturales Fluvial que sea capaz de preservar y transmitir el valor ecológico de los ríos de España.

El contexto actual de crisis sanitaria en el que nos encontramos hace prever que, en los próximos años, los fondos destinados a la mejora y conservación de los espacios fluviales serán desviados para paliar dicha crisis. Esto es un tema a tener en cuenta que acentúa la necesidad de establecer protección legal a los espacios naturales con la calidad que presenta el río Vero.

En definitiva, este trabajo ha intentado poner de manifiesto que el río Vero y su entorno poseen unas características privilegiadas, en su geomorfología, hidrología, paisaje...que merecen ser tenidas en cuenta por las administraciones. Los ríos son elementos claves para asegurar la reserva hídrica y también para preservar los hábitats de todas las especies que conformar la biodiversidad del planeta cuya sostenibilidad y persistencia en el tiempo dependen de nosotros.

12. Bibliografía

- Briz, E., Martín, S., & Urquiaga, R. (2015). Las reservas naturales fluviales y la planificación hidrológica. *Ambienta*, 110, 60-81.
- Cañedo-Argüelles, M., Fortuño, P., Hermoso, V., Prat, N., & Bonada, N. (2020). *Protocolo para el diseño de reservas naturales fluviales: Planificación sistemática y participación pública*. Fundacion BBVA.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- Martín, S., & González, E. (2015). Los efectos del cambio climático sobre el agua en España y la planificación hidrológica. *Ecologistas en Acción*.
- MASTERGEO (2010). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro: Tramo 24 Subcuenca del Río Vero.
- Ollero, A. (2000). "Crecidas fluviales en la Cuenca del Ebro desde 1980: Estado de la cuestión, principales eventos y sistemas de prevención". *SERIE GEOGRÁFICA*, 9, 151-162
- Ollero, A., Ballarín, D., & Mora, D. (2009). Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. *Guía metodológica. Confederación Hidrográfica del Ebro. Zaragoza*.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz, E., Mora, D. et al. (2007). Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, (52), 113-142.
- Ollero, A., Ibisate, A., Gonzalo, L. E., Ballarín, D. et al. (2011). The IHG index for hydromorphological quality assessment of rivers and streams: updated version. *Limnetica*, 30(2), 0255-262.

Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales.

Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., & Bussettini, M. (2013). A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180, 96-108.

Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F., Bussettini, M., 2012. Guidebook for the Evaluation of Stream Morphological Conditions by the Morphological Quality Index (MQI). Version 1.1. 85 pp Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Romero Díaz, M. A., & López Bermúdez, F. (1987). Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir. *Papeles De Geografía*, (12). Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/42391>

Sánchez, F. (2001). Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves.

Sánchez, M. (2018). *Valoración y clasificación de la irregularidad interanual: Aplicación en la cuenca del Ebro* (No. ART-2018-106715).

Sánchez, M., Ollero, A., & Del Valle, J. (2004). La red fluvial de Aragón. *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*, págs, 55-70.

Strahler, A. (1957). Quantitative analysis of watershed morphology. *American Geophysical Union*, 38, 913-920

Urquiaga, R. & Martín, S. (2017). Reservas Naturales Fluviales en las demarcaciones hidrográficas intracomunitarias e intercomunitarias: situación actual y propuestas para 2017. *Ecologistas en Acción*.

Fuentes de datos

Base de datos climáticos mundiales: <https://es.climate-data.org/>

Base de datos de la Confederación Hidrográfica del Ebro:

<http://iber.chebro.es/geoportal/>

Base de datos de las estaciones de aforo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX): https://ceh.cedex.es/web_ceh_2018/default.htm

Base de datos del Instituto Geográfico Nacional:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Infraestructura de datos espaciales de Aragón: <https://idearagon.aragon.es/portal/>

Anexo: fichas IHG

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)

Sistema fluvial: Vero

Masa de agua: Nacimiento – Sta María de la Nuez

Fecha: Octubre 2020

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del régimen de caudal ⁸

| | |
|--|-----|
| Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico | 10 |
| Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detraciones, retornos, trasvases, urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal | -10 |
| si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable | -8 |
| si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales | -6 |
| si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas | -4 |
| si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal | -2 |
| si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante | -2 |

Disponibilidad y movilidad de sedimentos ⁹

| | |
|--|----|
| El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos. | 10 |
| Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial | -5 |
| si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -4 |
| si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -3 |
| si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -2 |
| si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector | -2 |
| En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddedness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos | -2 |
| | -1 |
| Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua | -3 |
| alteraciones y/o desconexiones muy importantes | -2 |
| alteraciones y/o desconexiones significativas | -1 |
| alteraciones y/o desconexiones leves | -1 |

Funcionalidad de la llanura de inundación ⁹

| | |
|--|----|
| La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos | 10 |
| La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía | -5 |
| si son defensas continuas | -4 |
| si son discontinuas pero superan el 50% de la longitud de la llanura de inundación | -3 |
| si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor | -2 |
| si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| si sólo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidro-geomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida | -2 |
| si hay abundantes obstáculos | -1 |
| si hay obstáculos puntuales | -1 |
| La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce | -3 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie | -2 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie | -1 |
| si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA ²⁶

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del trazado y de la morfología en planta ⁹

| | |
|--|-----|
| El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema | 10 |
| Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce | -10 |
| si afectan a más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% | -7 |
| si afectan a una longitud entre el 10% y el 25% | -6 |
| si afectan a menos del 10% de la longitud del sector | -5 |
| si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...) | -4 |
| si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones...) | -3 |
| si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente | -2 |
| En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales ⁸

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico | 10 |
| En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo | -10 |
| si embalsan más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector | -7 |
| si embalsan menos del 25% de la longitud del sector | -6 |
| si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos | -5 |
| si hay varios azudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos | -4 |
| si hay un solo azud | -3 |
| Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce | -2 |
| más de 1 por cada km de cauce | -1 |
| menos de 1 por cada km de cauce | -1 |
| La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas | -3 |
| en más del 25% de la longitud del sector | -2 |
| en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector | -1 |
| de forma puntual | -1 |

Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral ⁷

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y tiene capacidad de moverse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación | 10 |
| El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes | -10 |
| en más del 75% de la longitud del sector | -8 |
| entre un 50% y un 75% de la longitud del sector | -7 |
| entre un 25% y un 50% de la longitud del sector | -6 |
| entre un 10 y un 25% de la longitud del sector | -5 |
| entre un 5 y un 10% de la longitud del sector | -4 |
| en menos de un 5% de la longitud del sector | -3 |
| Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE ²⁶

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad longitudinal ⁸

| | |
|--|-----|
| El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita | 10 |
| La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos...) | -10 |
| si las riberas están totalmente eliminadas | -10 |
| si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas | -9 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -2 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -1 |

Anchura del corredor ribereño ⁶

| | |
|--|-----|
| Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico | 10 |
| La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica | -10 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial | -8 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial | -6 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial | -4 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | 0 |

Estructura, naturalidad y conectividad transversal ⁷

| | |
|---|-----|
| En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor | 10 |
| Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha matarizado por desconexión con el trélico (cauces con incisión) | -10 |
| si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual | -8 |
| si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual | -7 |
| si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual | -6 |
| si las alteraciones son importantes | -4 |
| si las alteraciones son leves | -3 |
| La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones | -2 |
| si las alteraciones son significativas | -1 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor | -4 |
| si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas | -3 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas | -2 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas | -1 |
| si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas | -1 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | 0 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS ²¹

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA ⁷³

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)

Sistema fluvial: Vero

Masa de agua: Sta María de la Nuez - Almazorre

Fecha: octubre 2020

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del régimen de caudal ¹⁰

| | |
|--|-----|
| Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico | 10 |
| Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detraciones, retornos, trasvases, urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal | -10 |
| si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable | -8 |
| si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales | -6 |
| si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas | -4 |
| si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal | -2 |
| si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante | -2 |

Disponibilidad y movilidad de sedimentos ¹⁰

| | |
|--|----|
| El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos. | 10 |
| Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial | -5 |
| si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -4 |
| si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -3 |
| si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -2 |
| si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector | -1 |
| En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddedness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua | -3 |
| alteraciones y/o desconexiones muy importantes | -2 |
| alteraciones y/o desconexiones significativas | -1 |
| alteraciones y/o desconexiones leves | -1 |

Funcionalidad de la llanura de inundación ⁸

| | |
|--|----|
| La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos | 10 |
| La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía | -5 |
| si son defensas continuas | -4 |
| si son discontinuas pero superan el 50% de la longitud de la llanura de inundación | -3 |
| si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor | -2 |
| si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| si sólo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidro-geomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida | -2 |
| si hay abundantes obstáculos | -1 |
| si hay obstáculos puntuales | -1 |
| La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce | -3 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie | -2 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie | -1 |
| si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA ²⁸

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del trazado y de la morfología en planta ¹⁰

| | |
|--|----|
| El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema | 10 |
| Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce | -8 |
| si afectan a más del 50% de la longitud del sector | -7 |
| si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% | -6 |
| si afectan a una longitud entre el 10% y el 25% | -5 |
| si afectan a menos del 10% de la longitud del sector | -4 |
| si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...) | -3 |
| si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones...) | -2 |
| si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente | -1 |
| En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales ⁹

| | |
|--|----|
| El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico | 10 |
| En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo | -5 |
| si embalsan más del 50% de la longitud del sector | -4 |
| si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector | -3 |
| si embalsan menos del 25% de la longitud del sector | -2 |
| si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos | -1 |
| si hay varios azudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos | -1 |
| si hay un solo azud | -1 |
| Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce | -2 |
| más de 1 por cada km de cauce | -1 |
| menos de 1 por cada km de cauce | -1 |
| La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas | -3 |
| en más del 25% de la longitud del sector | -2 |
| en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector | -1 |
| de forma puntual | -1 |

Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral ⁹

| | |
|--|----|
| El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación | 10 |
| El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes | -6 |
| en más del 75% de la longitud del sector | -5 |
| entre un 50% y un 75% de la longitud del sector | -4 |
| entre un 25% y un 50% de la longitud del sector | -3 |
| entre un 10 y un 25% de la longitud del sector | -2 |
| entre un 5 y un 10% de la longitud del sector | -1 |
| en menos de un 5% de la longitud del sector | -1 |
| Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE ²⁸

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad longitudinal ⁹

| | |
|--|-----|
| El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita | 10 |
| La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos...) | -10 |
| si las riberas están totalmente eliminadas | -10 |
| si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas | -9 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -2 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -1 |

Anchura del corredor ribereño ⁸

| | |
|--|-----|
| Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico | 10 |
| La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica | -8 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial | -6 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial | -4 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial | -2 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

Estructura, naturalidad y conectividad transversal ⁸

| | |
|--|-----|
| En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor | 10 |
| Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha matarizado por desconexión con el freático (cauces con incisión) | -5 |
| si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual | -4 |
| si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual | -3 |
| si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual | -2 |
| si las alteraciones son importantes | -1 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones | -2 |
| si las alteraciones son significativas | -1 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor | -4 |
| si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas | -3 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas | -2 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas | -1 |
| si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas | -1 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS ²⁵

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA ⁸²

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)

Sistema fluvial: Vero

Masa de agua: Almazorre – Lecina (camping)

Fecha: Octubre 2020

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del régimen de caudal ¹⁰

| | |
|--|-----|
| Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico | 10 |
| Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detraciones, retornos, trasvases, urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal | -10 |
| si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable | -8 |
| si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales | -6 |
| si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas | -4 |
| si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal | -2 |
| si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante | -2 |

Disponibilidad y movilidad de sedimentos ⁹

| | |
|--|----------|
| El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos. | 10 |
| Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial | -5 |
| si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -4 |
| si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -3 |
| si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -2 |
| si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector | -2 |
| En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddedness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos | -2 |
| | notables |
| | leves |
| Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua | -3 |
| alteraciones y/o desconexiones muy importantes | -2 |
| alteraciones y/o desconexiones significativas | -1 |
| alteraciones y/o desconexiones leves | -1 |

Funcionalidad de la llanura de inundación ⁵

| | |
|--|----|
| La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos | 10 |
| La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía | -5 |
| si son defensas continuas | -4 |
| si son discontinuas pero superan el 50% de la longitud de la llanura de inundación | -3 |
| si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor | -2 |
| si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| si sólo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidro-geomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida | -2 |
| si hay abundantes obstáculos | -1 |
| si hay obstáculos puntuales | -1 |
| La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce | -3 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie | -2 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie | -1 |
| si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA ²⁴

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del trazado y de la morfología en planta ⁵

| | |
|--|----------|
| El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema | 10 |
| Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce | -10 |
| si afectan a más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% | -7 |
| si afectan a una longitud entre el 10% y el 25% | -6 |
| si afectan a menos del 10% de la longitud del sector | -5 |
| si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...) | -4 |
| si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones...) | -3 |
| si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente | -2 |
| En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras | -2 |
| | notables |
| | leves |

Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales ⁷

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico | 10 |
| En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo | -10 |
| si embalsan más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector | -7 |
| si embalsan menos del 25% de la longitud del sector | -6 |
| si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos | -5 |
| si hay varios azudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos | -4 |
| si hay un solo azud | -3 |
| Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce | -2 |
| más de 1 por cada km de cauce | -1 |
| menos de 1 por cada km de cauce | -1 |
| La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas | -3 |
| en más del 25% de la longitud del sector | -2 |
| en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector | -1 |
| de forma puntual | -1 |

Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral ⁵

| | |
|--|----------|
| El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación | 10 |
| El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes | -10 |
| en más del 75% de la longitud del sector | -8 |
| entre un 50% y un 75% de la longitud del sector | -7 |
| entre un 25% y un 50% de la longitud del sector | -6 |
| entre un 10 y un 25% de la longitud del sector | -5 |
| entre un 5 y un 10% de la longitud del sector | -4 |
| en menos de un 5% de la longitud del sector | -3 |
| Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural | -2 |
| | notables |
| | leves |
| En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba | -2 |
| | notables |
| | leves |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE ¹⁷

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad longitudinal ⁹

| | |
|--|-----|
| El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita | 10 |
| La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos...) | -10 |
| si las riberas están totalmente eliminadas | -10 |
| si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas | -9 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -2 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -1 |

Anchura del corredor ribereño ⁴

| | |
|---|-----|
| Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico. | 10 |
| La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica | -10 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial | -8 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial | -6 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial | -4 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | 0 |

Estructura, naturalidad y conectividad transversal ⁶

| | |
|--|-----|
| En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor. | 10 |
| Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha matarizado por desconexión con el trélico (cauces con incisión) | -10 |
| si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual | -8 |
| si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual | -7 |
| si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual | -6 |
| si las alteraciones son importantes | -5 |
| si las alteraciones son leves | -4 |
| La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones | -3 |
| si las alteraciones son significativas | -2 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor | -4 |
| si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas | -3 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas | -2 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas | -1 |
| si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas | -1 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | 0 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS ¹⁹

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA ⁶⁰

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)

Sistema fluvial: Vero

Masa de agua: Lecina (camping) - Alquézar

Fecha: Octubre 2020

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del régimen de caudal ⁸

| | |
|--|-----|
| Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico | 10 |
| Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detraciones, retornos, trasvases, urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal | -10 |
| si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable | -8 |
| si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales | -6 |
| si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas | -4 |
| si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal | -2 |
| si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante | -2 |

Disponibilidad y movilidad de sedimentos ⁸

| | |
|--|----|
| El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos. | 10 |
| Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial | -5 |
| si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -4 |
| si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -3 |
| si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -2 |
| si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector | -1 |
| En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddedness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua | -3 |
| alteraciones y/o desconexiones muy importantes | -2 |
| alteraciones y/o desconexiones significativas | -1 |
| alteraciones y/o desconexiones leves | -1 |

Funcionalidad de la llanura de inundación ⁹

| | |
|--|-----|
| La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos | 10 |
| La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía | -10 |
| si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor | -5 |
| si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -4 |
| si sólo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -3 |
| La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidro-geomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida | -2 |
| si hay abundantes obstáculos | -1 |
| si hay obstáculos puntuales | -1 |
| La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce | -3 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie | -2 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie | -1 |
| si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA ²⁵

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del trazado y de la morfología en planta ¹⁰

| | |
|--|-----|
| El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema | 10 |
| Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce | -10 |
| si afectan a más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% | -7 |
| si afectan a una longitud entre el 10% y el 25% | -6 |
| si afectan a menos del 10% de la longitud del sector | -5 |
| si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...) | -4 |
| si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones...) | -3 |
| si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente | -2 |
| En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras | -1 |
| notables | -2 |
| leves | -1 |

Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales ⁷

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico | 10 |
| En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo | -10 |
| si embalsan más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector | -7 |
| si embalsan menos del 25% de la longitud del sector | -6 |
| si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos | -5 |
| si hay varios azudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos | -4 |
| si hay un solo azud | -3 |
| Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce | -2 |
| más de 1 por cada km de cauce | -1 |
| menos de 1 por cada km de cauce | -1 |
| La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas | -3 |
| en más del 25% de la longitud del sector | -2 |
| en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector | -1 |
| de forma puntual | -1 |

Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral ¹⁰

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación | 10 |
| El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes | -10 |
| en más del 75% de la longitud del sector | -6 |
| entre un 50% y un 75% de la longitud del sector | -5 |
| entre un 25% y un 50% de la longitud del sector | -4 |
| entre un 10 y un 25% de la longitud del sector | -3 |
| entre un 5 y un 10% de la longitud del sector | -2 |
| en menos de un 5% de la longitud del sector | -1 |
| Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE ²⁷

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad longitudinal ¹⁰

| | |
|--|-----|
| El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita | 10 |
| La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos...) | -10 |
| si las riberas están totalmente eliminadas | -10 |
| si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas | -10 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -9 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -2 |
| si más del 70% de las discontinuidades son permanentes | -10 |
| si entre un 30% y un 70% de las discontinuidades son permanentes | -9 |
| si menos del 30% de las discontinuidades son permanentes | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -2 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -1 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -1 |

Anchura del corredor ribereño ⁸

| | |
|--|-----|
| Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico | 10 |
| La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica | -8 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial | -6 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial | -4 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 60% y el 80% de la anchura potencial | -2 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

Estructura, naturalidad y conectividad transversal ⁷

| | |
|---|-----|
| En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor | 10 |
| Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha matarizado por desconexión con el trélico (cauces con incisión) | -10 |
| si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual | -8 |
| si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual | -7 |
| si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual | -6 |
| si las alteraciones son importantes | -4 |
| si las alteraciones son leves | -3 |
| La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones | -2 |
| si las alteraciones son significativas | -1 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor | -4 |
| si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas | -3 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas | -2 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas | -1 |
| si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas | -1 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS ²⁵

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA ⁷⁷

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)

Sistema fluvial: Vero

Masa de agua: Alquézar - Desembocadura

Fecha: Octubre 2020

CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA

Naturalidad del régimen de caudal ⁸

| | |
|--|-----|
| Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico | 10 |
| Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detraciones, retornos, trasvases, urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal | -10 |
| si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable | -8 |
| si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales | -6 |
| si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas | -4 |
| si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal | -2 |
| si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante | -2 |

Disponibilidad y movilidad de sedimentos ⁷

| | |
|--|----|
| El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilización y transporte de esos sedimentos. | 10 |
| Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial | -5 |
| si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -4 |
| si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -3 |
| si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos | -2 |
| si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector | -1 |
| En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddedness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua | -3 |
| alteraciones y/o desconexiones muy importantes | -2 |
| alteraciones y/o desconexiones significativas | -1 |
| alteraciones y/o desconexiones leves | -1 |

Funcionalidad de la llanura de inundación ⁵

| | |
|--|----|
| La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos | 10 |
| La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía | -5 |
| si son defensas continuas | -4 |
| si son discontinuas pero superan el 50% de la longitud de la llanura de inundación | -3 |
| si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor | -2 |
| si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| si sólo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación | -1 |
| La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidro-geomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida | -2 |
| si hay abundantes obstáculos | -1 |
| si hay obstáculos puntuales | -1 |
| La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce | -3 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie | -2 |
| si los terrenos sobreelevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie | -1 |
| si hay terrenos sobreelevados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA ²⁰

CALIDAD DEL CAUCE

Naturalidad del trazado y de la morfología en planta ⁷

| | |
|--|-----|
| El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema | 10 |
| Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce | -10 |
| si afectan a más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si afectan a una longitud entre el 25% y el 50% | -7 |
| si afectan a una longitud entre el 10% y el 25% | -6 |
| si afectan a menos del 10% de la longitud del sector | -5 |
| si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...) | -4 |
| si, no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones...) | -3 |
| si, no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente | -2 |
| En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras | -1 |
| notables | -2 |
| leves | -1 |

Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales ⁶

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico | 10 |
| En el sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompen la continuidad del mismo | -10 |
| si embalsan más del 50% de la longitud del sector | -8 |
| si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector | -7 |
| si embalsan menos del 25% de la longitud del sector | -6 |
| si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos | -5 |
| si hay varios azudes o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos | -4 |
| si hay un solo azud | -3 |
| Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce | -2 |
| más de 1 por cada km de cauce | -1 |
| menos de 1 por cada km de cauce | -1 |
| La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, solados o limpiezas | -3 |
| en más del 25% de la longitud del sector | -2 |
| en un ámbito de entre el 5 y el 25% de la longitud del sector | -1 |
| de forma puntual | -1 |

Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral ⁶

| | |
|--|-----|
| El cauce es natural y tiene capacidad de moverse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación | 10 |
| El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes | -10 |
| en más del 75% de la longitud del sector | -8 |
| entre un 50% y un 75% de la longitud del sector | -7 |
| entre un 25% y un 50% de la longitud del sector | -6 |
| entre un 10 y un 25% de la longitud del sector | -5 |
| entre un 5 y un 10% de la longitud del sector | -4 |
| en menos de un 5% de la longitud del sector | -3 |
| Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |
| En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba | -2 |
| notables | -1 |
| leves | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE ¹⁹

CALIDAD DE LAS RIBERAS

Continuidad longitudinal ⁸

| | |
|--|-----|
| El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita | 10 |
| La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas, caminos...) | -10 |
| si las riberas están totalmente eliminadas | -10 |
| si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas | -9 |
| si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas | -8 |
| si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas | -7 |
| si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas | -6 |
| si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas | -5 |
| si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas | -4 |
| si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas | -3 |
| si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas | -2 |
| si las discontinuidades suponen menos del 15% | -1 |

Anchura del corredor ribereño ⁴

| | |
|---|-----|
| Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico. | 10 |
| La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica | -10 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial | -8 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 40% y el 60% de la anchura potencial | -6 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial | -4 |
| si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

Estructura, naturalidad y conectividad transversal ⁵

| | |
|--|-----|
| En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor. | 10 |
| Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, explotación del acuífero, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha matarizado por desconexión con el trélico (cauces con incisión) | -10 |
| si se extienden en más del 50% de la superficie de la ribera actual | -8 |
| si se extienden entre el 25% y el 50% de la superficie de la ribera actual | -7 |
| si se extienden en menos del 25% de la superficie de la ribera actual | -6 |
| si las alteraciones son importantes | -5 |
| si las alteraciones son leves | -4 |
| La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por invasiones o repoblaciones | -3 |
| si las alteraciones son significativas | -2 |
| si las alteraciones son leves | -1 |
| En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pistas, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor | -4 |
| si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas | -3 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas | -2 |
| si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas | -1 |
| si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas | -1 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada) | -10 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 1 | -2 |
| si la Continuidad longitudinal ha resultado 2 ó 3 | -1 |
| si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0 | -1 |

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS ¹⁷

VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA ⁵⁶